

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA  
SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO  
AUTOPISTA AL MAR 1.**



**Elaborado para:**



**Elaborado por:**



Consultoría Colombiana S.A.

**Bogotá D.C.  
Octubre de 2016**



Agencia Nacional de  
Infraestructura



MinTransporte  
Ministerio de Transporte

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.0</b>	

# **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.**

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>PÁG.</b>
11. PLANES Y PROGRAMAS .....	1
11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS .....	1
11.2.4 Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos.....	1

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.

### ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁG.</b>
Tabla 11-1 Conflicto de uso del suelo .....	4
Tabla 11-2 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas .....	5
Tabla 11-3 Criterios para la calificación de vulnerabilidad .....	6
Tabla 11-4 Niveles de amenaza.....	7
Tabla 11-5 Criterios para calificar la exposición.....	7
Tabla 11-6 Determinación del nivel de riesgo.....	8
Tabla 11-7 Definición del nivel de riesgo .....	8
Tabla 11-8 Ubicación de los puntos de vertimientos a solicitar.....	9
Tabla 11-9 Aguas residuales domésticas para vertimiento en aguas superficiales .....	10
Tabla 11-10 Aguas residuales industriales – Parámetros de cumplimiento Resolución 0631 de 2015 Art. 15 para vertimiento en aguas superficiales.....	10
Tabla 11-11 Principales productos usados en el tratamiento químico .....	15
Tabla 11-12 Coberturas .....	25
Tabla 11-13 Vocación de Uso del Suelo en el Área de influencia .....	28
Tabla 11-14 Uso Actual del Suelo en el Área de influencia .....	29
Tabla 11-15. Resultados del vertimiento para la UF3-1.....	30
Tabla 11-16 Usuario Identificado quebrada La Frisola.....	32
Tabla 11-17 Georreferenciación cuerpos de agua .....	33
Tabla 11-18 Composición taxonómica y abundancia del Perifiton en las Quebradas La Culebra y La Frisola .....	33
Tabla 11-19 Composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos en las Quebradas La Culebra y La Frisola. ....	35
Tabla 11-20 Peces registrados en la Quebrada La Culebra.....	36
Tabla 11-21 Susceptibilidad de ecosistemas terrestres a la afectación por vertimientos .....	39
Tabla 11-22 Veredas y quebradas con vertimientos propuestos .....	40
Tabla 11-23 Descripción de las veredas del área de influencia del sistema de gestión de vertimientos .....	40
Tabla 11-24 Amenazas naturales identificadas en el SGV.....	43
Tabla 11-25 Amenazas operativas identificadas en el SGV.....	43
Tabla 11-26 Amenazas socioculturales y de orden público identificadas en el SGV .....	44
Tabla 11-27 Consolidación de los escenarios de riesgo .....	45
Tabla 11-28 Probabilidad de ocurrencia de las amenazas .....	46
Tabla 11-29 Calificación del nivel de vulnerabilidad .....	47
Tabla 11-30 Nivel de amenaza .....	49
Tabla 11-31 Valoración del nivel de exposición.....	52

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b> <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.0</b>	

Tabla 11-32 Resultados de la valoración del riesgo .....	54
Tabla 11-33 Medida de prevención orientada a la Capacitación y formación para el adecuado funcionamiento del SGV .....	57
Tabla 11-34 Medida de prevención orientada al desarrollo de mantenimientos e inspección de los componentes del SGV .....	58
Tabla 11-35 Preparación básica para la recuperación posdesastre.....	60
Tabla 11-36 Técnicas de recuperación de suelos contaminados por aguas residuales.....	61
Tabla 11-37 Principales características de las EDAN .....	62
Tabla 11-38 Profesionales que intervinieron en la formulación del PGRMV .....	66





	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.**

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>PÁG.</b>
Figura 11-1 Esquema básico de un tanque séptico .....	12
Figura 11-2 Esquema básico de una trampa de grasas .....	13
Figura 11-3 Planta -Desarenador para tratamiento primario .....	13
Figura 11-4 Perfil - Desarenador para tratamiento primario .....	13
Figura 11-5 Áreas de influencia SGV .....	16
Figura 11-6 Áreas de influencia SGV Quebrada La Frisola .....	17
Figura 11-7 Áreas de influencia SGV Quebrada La Culebra.....	18
Figura 11-8 Porcentaje de Abundancia por Division/Phylum.....	34
Figura 11-9 Esquema general para el análisis de riesgos .....	42

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b>  <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

## **11. PLANES Y PROGRAMAS**

### **11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS**

#### **11.2.4 Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos**

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 44 del Decreto 3930 de 2010, las personas naturales o jurídicas de derecho público o privado que desarrollen actividades industriales, comerciales y de servicios que generen vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo deberán elaborar un Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos en situaciones que limiten o impidan el tratamiento del vertimiento. Dicho plan debe incluir el análisis del riesgo, medidas de prevención y mitigación, protocolos de emergencia y contingencia y lineamientos de rehabilitación y recuperación.

Por tal razón, a continuación se desarrollan los términos de referencia establecidos por la Resolución 1514 de 2012 para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos (PGRMV o PGRV) procedentes de las actividades constructivas y operativas del proyecto vial “Segunda calzada Túnel de Occidente - San Jerónimo”.

##### **11.2.4.1 Generalidades**



##### **11.2.4.2 Introducción**

El presente plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos se desarrolla para las aguas domésticas e industriales generadas por la construcción del proyecto “Segunda calzada Túnel de Occidente - San Jerónimo”.

Dentro del desarrollo del programa de Concesiones de autopistas 4G que viene impulsando el gobierno nacional, se ha identificado como urgente el mejoramiento de las condiciones viales del departamento de Antioquia; reconociéndose fundamental dentro de este proceso el incluir las vías de salida al mar de los municipios del centro occidente de esta región del país, y en específico, optimizar la conexión entre la ciudad de Medellín y el Urabá antioqueño.

El proyecto vial “Segunda calzada Túnel de Occidente - San Jerónimo” requerirá permiso de vertimiento en aguas superficiales, durante la etapa de construcción del proyecto se generaran vertimientos por la operación de las plantas de trituración, concreto y asfalto.

El presente Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos (PGRMV) se desarrolló a partir de la información primaria recolectada por el estudio durante las visitas de campo realizadas y de información secundaria de fuentes públicas oficiales (Servicio Geológico Colombiano, Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Sistema Nacional de

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b>  <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

Información para la Gestión del Riesgo de Desastres - SIGPAD, Alcaldías, Gobernaciones, entre otros). La relación de profesionales se describe en el numeral 11 del presente documento.

#### **11.2.4.3 Objetivos**

A continuación se describen el objetivo general y los objetivos específicos para el presente plan de gestión del riesgo de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Resolución 1514 del 31 de agosto de 2012, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

##### **11.2.4.3.1 General**

Propender por la seguridad técnica y operacional del sistema de Gestión del Vertimiento (procesos y flujos de la actividad), para evitar la afectación de las condiciones ambientales y sociales del área de influencia, ante la ocurrencia de una descarga en condiciones que impidan o limiten el cumplimiento de la norma de vertimientos.

##### **11.2.4.3.2 Específicos**

Los objetivos específicos del presente plan de contingencia son:

Identificar, evaluar y priorizar los riesgos del Sistema de Gestión del Vertimiento hacia el medio y del medio hacia el Sistema, ocasionados por fallas de funcionamiento del sistema o por condiciones del medio.

Definir acciones de prevención y reducción de los riesgos identificados que pueden afectar las condiciones ambientales y socioeconómicas del área de influencia del Sistema de Gestión del Vertimiento.

Definir acciones y procedimientos en el proceso de Manejo del Desastre (durante la ocurrencia) para las posibles contingencias identificadas y evaluadas, con base en la priorización de riesgos.

Establecer lineamientos básicos de recuperación de las zonas afectadas por contingencias, generadas por la ocurrencia de una situación que limite o impida el tratamiento del vertimiento en condiciones técnicas de descarga, ocasionadas por fallas en el funcionamiento del sistema o por condiciones del medio.

#### **11.2.4.4 Antecedentes**

Como se presenta en la Sección de GEOLOGÍA (3.2.1), GEOTECNIA (3.2.8) e HIDROLOGÍA (3.2.4), en el área de estudio se identificó la existencia de amenazas naturales por sismicidad, procesos de remoción en masa, inundaciones, avalanchas y represamientos principalmente relacionadas con avenidas torrenciales.

#### **11.2.4.5 Alcances**

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

El plan comprende la descripción del sistema de Gestión del Vertimiento y de su área de influencia, el análisis y la priorización de los riesgos que puede generar el Sistema de Gestión del Vertimiento al medio, así como los riesgos originados en el medio que pueden afectar la operación y el funcionamiento del sistema, y las acciones de reducción del riesgo y manejo del desastre para los riesgos identificados y priorizados, con el fin de evitar potenciales afectaciones a la comunidad y a la calidad de los medios receptores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

El área de influencia delimitada para el presente PGRMV se definió considerando la posible afectación a los elementos ambientales y sociales por la ocurrencia de un vertimiento sin tratamiento o en condiciones limitadas de tratamiento (Resolución 1514 del 2012).

El presente plan aplica para las situaciones de riesgo o de emergencia que estén asociadas exclusivamente con el Sistema de Gestión del Vertimiento del proceso constructivo del proyecto Segunda calzada Túnel de Occidente - San Jerónimo.

A continuación se presenta la descripción de los niveles de Conflicto de Uso del Suelos que se evaluará para el área de influencia.

- **Tierras sin Conflicto de Uso o uso adecuado (A):** son aquellas tierras donde hay correspondencia entre la vocación de uso y el uso actual, o en su defecto, se encuentra en usos que no ocasionen deterioro del suelo y el medio ambiente.
- **Conflicto por Subutilización:** se denomina en conflicto por subutilización a los suelos donde el uso dominante presenta un nivel inferior de intensidad de uso en comparación con la capacidad productiva del mismo de acuerdo a las características agrologicas, lo cual afecta los niveles productivos del mismo, sin que eso ocasiona pérdida del recurso.
  - **Subutilización ligera (S1):** suelo cuyo uso principal está muy cercano al uso compatible, pero que se ha evaluado de menor intensidad.
  - **Subutilización moderada (S2):** suelos cuyo uso actual está por debajo, dos niveles de la capacidad productiva definida.
  - **Subutilización severa (S3):** suelos cuyo uso principal está por debajo tres o más niveles de su capacidad de uso.
- **Conflicto por sobreutilización:** ésta categoría se le asigna a aquellos suelos donde el uso actual dominante en comparación con la vocación de uso, de acuerdo con las clases agrologicas, es más intenso.
  - **Sobreutilización ligera (O1):** suelos cuyo uso actual se encuentra muy cercano a la vocación de uso.
  - **Sobreutilización moderada (O2):** suelos cuyo uso actual se encuentra por encima dos niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Es común encontrar en esta categoría tierras con signos de deterioro de los recursos naturales y el suelo, en especial procesos erosivos activos.

- **Sobreutilización severa (O3):** suelos cuyo uso actual se encuentra por encima tres niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Son suelos con signos de degradación avanzada de los recursos como procesos erosivos severos y baja productividad de las tierras.

Con relación al uso del suelo establecido por el proyecto a partir de información primaria y secundaria, en el área de estudio definida para el proyecto se puede concluir que 46% del área de influencia del sistema de gestión del vertimiento presenta conflicto por subutilización severa, lo cual corresponde a 17.6 hectáreas. El 6% no presenta conflicto del uso del suelo, correspondiente a 2.42 hectáreas. En la Tabla 11-1 se presenta la relación de las áreas correspondientes a la presencia de conflictos de uso de suelo.

**Tabla 11-1 Conflicto de uso del suelo**

Conflicto	Área (ha)	Porcentaje
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	1.57	4.1%
Conflicto por subutilización moderada	0.83	2.2%
Conflicto por subutilización severa	17.60	45.6%
Conflicto por sobreutilización ligera	9.69	25.1%
Conflicto por sobreutilización moderada	3.74	9.7%
Conflicto por sobreutilización severa	2.76	7.1%
No aplica (Zonas Urbanas)	2.43	6.3%
<b>Total</b>	<b>38.62</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

#### 11.2.4.6 Metodología

La metodología desarrollada por Consultoría Colombiana S.A. para el análisis de riesgos del presente plan tuvo en consideración los elementos expuestos por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE en la Resolución 004/09 (Metodologías de Análisis de Riesgo, Documento Soporte Guía para Elaborar Planes de Emergencia y Contingencias) y la metodología desarrollada por Ecopetrol S.A (2010). A continuación se listan las etapas desarrolladas para el análisis de riesgos:

Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza

Una amenaza se describe como la fuente de daño potencial o situación con potencial para causar una pérdida (ICONTEC, 2004). La fuente de dicho daño puede ser un fenómeno y/o una actividad humana o natural que tiene el potencial de causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social, económica y/o la degradación ambiental ( EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2004). Un evento amenazante se considera cómo la manifestación final de la amenaza,

que genera los efectos adversos.

- Identificación de amenazas:

La identificación de las amenazas para el área de influencia del PGRMV se desarrolló mediante la caracterización socioambiental del área y la descripción técnica del proyecto; a través de estas se identificaron las potenciales amenazas externas (del medio hacia el proyecto) e internas (del proyecto hacia el medio) que se puedan presentar durante el desarrollo del proyecto.

- Consolidación de los Escenarios del Riesgo

La consolidación de los escenarios de riesgo tiene como objetivo determinar qué elementos serían vulnerables a sufrir efectos adversos por la manifestación de una amenaza. Para esto se identificaron tanto los elementos vulnerables del sistema de gestión del vertimiento, cómo los elementos vulnerables de los medios afectables por la construcción y operación del sistema.

- Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Se relaciona con la cantidad de veces por unidad de tiempo que el evento amenazante se puede manifestar alterando las condiciones operativas del proyecto. Una vez identificadas las amenazas, se estimó la probabilidad de ocurrencia en función de la escala que se muestra en la **Tabla 11-2**.

**Tabla 11-2 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas**

PUNTOS	GRADO	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN	OCURRENCIA CASOS
5	Muy Alta	Frecuente	Posibilidad de ocurrencia muy alta reiterativamente	Más de 1 evento al mes
4	Alta	Probable	Posibilidad de ocurrencia alto, se presenta alguna veces	Hasta 1 evento cada 6 meses
3	Media	Ocasional	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta alguna veces	Hasta 1 evento al año
2	Baja	Remoto	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta esporádicamente	Hasta 1 caso cada 5 años
1	Muy Baja	Improbable	Posibilidad de ocurrencia muy baja, se presenta en forma excepcional	Hasta 1 caso cada 10 años o más

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

### Identificación y análisis de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición de sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, ambientales, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos

peligrosos (artículo 4º Ley 1523 de 2012).

La vulnerabilidad se asocia directamente con las consecuencias que tiene la manifestación del evento amenazante sobre los elementos vulnerables; en la **Tabla 11-3** se muestran los niveles establecidos por la metodología para la clasificación de las consecuencias.

- Niveles de consecuencias

Los niveles de consecuencia o vulnerabilidad se evaluaron en diferentes ámbitos: los efectos potenciales a la integridad física, los efectos económicos, ambientales y sociales (se involucró la imagen institucional y percepción de la empresa en el análisis). En la **Tabla 11-3** se muestran los criterios utilizados.

**Tabla 11-3 Criterios para la calificación de vulnerabilidad**

NIVEL	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS VULNERABLES				PUNTOS
	LESIONES PERSONALES	DAÑO AMBIENTAL	PÉRDIDAS MATERIALES*	IMAGEN	
<b>Muy alto</b>	Una o Más fatalidades	Contaminación irreparable	Catastrófica > o = 20%	Internacional	5
<b>Alto</b>	Incapacidad permanente (Parcial o total)	Contaminación mayor	Grave Entre el 10% y el 20%	Nacional	4
<b>Medio</b>	Incapacidad temporal (>1 día)	Contaminación localizada	Severo Entre el 5% y el 10%	Regional	3
<b>Bajo</b>	Lesiones leves	Efecto menor o leve	Importante Entre el 3% y el 5%	Local	2
<b>Muy Bajo</b>	Ninguna lesión	Ningún efecto	Marginal < 3%	Al interior de la empresa	1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015). Adaptado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008).

\* Porcentajes con relación al presupuesto total de la obra a ejecutar

- Nivel de amenaza

El nivel de amenaza hace referencia a la relación entre la probabilidad de ocurrencia de un evento amenazante y las consecuencias potenciales del mismo sobre los elementos vulnerables. Para identificar el nivel de amenaza se aplicó la **Ecuación 11.1**.

#### **Ecuación 11.1 Estimación del nivel de amenaza**

$$\left( \frac{\text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}}{25} \right) \times 100 = \text{Nivel de Amenaza}$$

Con el fin de interpretar los resultados de la ecuación anterior, se realizó una categorización de los niveles de amenaza, dando como resultados los cinco (5)



niveles mostrados en la **Tabla 11-4**.

**Tabla 11-4 Niveles de amenaza**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
<b>Muy alto</b>	Amenazas con muy alta probabilidad de ocurrencia y consecuencias altamente significativas. Valores entre el 81% y el 100%	5
<b>Alto</b>	Amenazas con alta probabilidad de ocurrencia y consecuencias significativas. Valores entre el 61% y el 80%	4
<b>Medio</b>	Amenazas con probabilidad moderada de ocurrencia y consecuencias moderadas. Valores entre el 36% y el 60%	3
<b>Bajo</b>	Amenazas con probabilidad baja de ocurrencia y consecuencias baja. Riesgo entre el 11% y el 35%	2
<b>Muy Bajo</b>	Amenazas con probabilidad muy baja de ocurrencia y sin consecuencias. Valores menores o iguales al 10%	1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015).

- Nivel de exposición

Posteriormente, para determinar el nivel de riesgo se tuvo en cuenta el nivel de exposición entre las amenazas y los elementos vulnerables. El nivel de exposición se valoró de acuerdo a los criterios establecidos en la **Tabla 11-5**.

**Tabla 11-5 Criterios para calificar la exposición**

CLASIFICACIÓN		NIVEL DE EXPOSICIÓN
		DESCRIPCIÓN
4	Permanente	El elemento amenazante está presente en todo momento o muchas veces en un día.
3	Frecuente	El elemento amenazante está presente con frecuencia o varias veces en la semana.
2	Ocasional	El elemento amenazante está presente ocasionalmente o varias veces al mes.
1	Esporádico	El elemento amenazante no se presenta casi nunca.

Fuente: (ECOPETROL, 2012)

### Análisis del nivel de riesgo

Con el fin de categorizar los escenarios de riesgo identificados, se utilizó el nivel de amenaza y el nivel de exposición para identificar el nivel de riesgo que representa cada escenario, aplicando la relación que se muestra en la **Tabla 11-6**.

La categorización de los diferentes escenarios de riesgo permitió establecer el marco para desarrollar los lineamientos para la reducción del riesgo y las medidas a tener presente para el manejo de un eventual incidente.

**Tabla 11-6 Determinación del nivel de riesgo**

NIVEL DE AMENAZA		NIVEL DE EXPOSICIÓN			
		Permanente	Frecuente	Ocasional	Esporádico
		4	3	2	1
Muy alto	5	MA	A	A	M
Alto	4	A	A	M	B
Medio	3	M	M	B	MB
Bajo	2	B	B	MB	MB
Muy Bajo	1	MB	MB	MB	MB

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015). Modificado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008).

Los resultados se enmarcaron de acuerdo a los niveles de riesgo que se listan en la **Tabla 11-7**.

**Tabla 11-7 Definición del nivel de riesgo**

NIVEL	INTERPRETACIÓN
Muy Alto	Riesgo intolerable para asumir, requiere buscar alternativa y decide la Gerencia si se desarrolla o no la actividad.
Alto	Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.
Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.
Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc.).
Muy Bajo	Riesgo muy bajo, usar sistemas de control y calidad establecidos.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015). Modificado de (ECOPETROL, 2012)

#### 11.2.4.7 Descripción de actividades y procesos asociados al sistema de gestión del vertimiento

##### 11.2.4.7.1 Localización del sistema de gestión del vertimiento

El sistema de Gestión de Vertimiento se localizara en el Departamento de Antioquia, en el Municipio de Medellín, en las veredas La Frisola, La Volcana – Guayabal, Naranjal y La Cuchilla.

En la **Tabla 11-8** se muestra la ubicación y temporalidad del vertimiento (para mayor detalle remitirse al mapa de Uso y Aprovechamiento en el Anexo 1. Cartografía).

**Tabla 11-8 Ubicación de los puntos de vertimientos a solicitar**

ETAPA CONSTRUCTIVA						
ACTIVIDAD O INSTALACIÓN	UBICACIÓN			FLUJO DEL VERTIMIENTO	CAUDAL A VERTER	
					(l/s)	
	NOMBRE	ESTE	NORTE		Industrial	Doméstico
Planta 1	Quebrada La Frisola	11529093,8	11920307,9	Continua	1.613	0.0258
Portal Salida del Túnel	Quebrada La Frisola	1153730.0	1191377.0	Intermitente	3.39	-
Portal Entrada Túnel	Quebrada La Culebra	1157470.0	1188320.0	Intermitente	6.77	-

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

#### 11.2.4.7.2 Componentes y Funcionamiento del Sistema de Gestión del Vertimiento

El Sistema de Gestión del Vertimiento se describe en el Capítulo 7. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, del presente Estudio de Impacto Ambiental. Sin embargo, a continuación se relacionan algunas consideraciones generales.

Se solicita la disposición de aguas residuales industriales y domesticas sobre la quebrada la Frisola y la quebrada La Culebra previamente tratadas, y dando cumplimiento a la normatividad vigente (Resolución 0631 de 2015 y Decreto 3930 de 2010), generadas durante las etapas de construcción del proyecto vial construcción de la segunda calzada entre el Túnel de Occidente y San Jerónimo (Unidad Funcional 3 y 1).



##### ➤ CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS AGUAS SIN TRATAMIENTO

#### Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales de tipo doméstico son las que se producen a partir de actividades como el lavado de ropa, limpieza, aseo personal y servicios sanitarios, se dividen en aguas negras (Con Alta carga de materia orgánica, coliformes y valores de DBO) y grises (Con carga de grasas, alta alcalinidad, DQO). Las aguas residuales de tipo doméstico sin ningún tratamiento presentan alta carga de coliformes, sólidos en suspensión, grasas, residuos de detergentes, compuestos nitrogenados y fosfatos, en el desarrollo del proyecto se prevé la generación únicamente de aguas negras las cuales serán manejadas mediante los sistemas descritos previamente.

#### Aguas Industriales

Las aguas que resulten del proceso de la planta de concreto se reutilizarán durante toda la

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.0	

fase de construcción, ya que si bien no son potables, si son aptas para la elaboración del concreto. Podrá resultar un único vertimiento en el último proceso que se realice. En éste vertimiento se incluye el lavado de maquinaria y la planta de concreto.

Para manejar éstas aguas se construirán estructuras como trampas de grasas y desarenadores en cada frente de trabajo, de tal manera que el agua sea entregada a un tercero debidamente constituido y con los permisos ambientales de Ley.

El sistema de tratamiento garantizará que las aguas residuales a ser vertidas en cuerpos de agua superficiales cumplan con los criterios establecidos por el Decreto 1594 de 1984, o por la normatividad vigente relacionada.

Las aguas residuales no tendrán considerablemente peligros asociados, dado que los procesos industriales que podrían generarlas corresponderían a las aguas generadas en zonas de servicio y parqueo, o las plantas de concreto y asfaltos, en las cuales se espera una mínima producción dado el potencial de reúso. Adicionalmente, de requerirse reparaciones o mantenimientos, estos serían realizados en centros poblados de lugares autorizados para tal fin.

En la **Tabla 11-9** y **Tabla 11-10** se presentan los valores esperados para los parámetros luego del tratamiento.

**Tabla 11-9 Aguas residuales domésticas para vertimiento en aguas superficiales**

PARÁMETRO	UNIDADES	VERTIMIENTO EN CUERPO DE AGUA
		LIMITE PERMISIBLE
		(Resolución 0631 de 2015 Art. 8) ARD con una carga menor o igual a 625 Kg/díaDBO <sub>5</sub>
pH	unidades	6 a 9
Temperatura		<40
DQO	mg/l	180
DBO <sub>5</sub>	mg/l	90
Sólidos suspendidos totales	mg/l	90
Sólidos sedimentables	mg/l	5
Grasas y aceites	mg/l	20

Fuente: Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015

Informe de cumplimiento ambiental (junio – diciembre 2014), Campamento Guaduoero CV Helios

**Tabla 11-10 Aguas residuales industriales – Parámetros de cumplimiento Resolución 0631 de 2015 Art. 15 para vertimiento en aguas superficiales**

PARÁMETRO	UNIDADES	VERTIMIENTO EN CUERPO DE AGUA
		LIMITE PERMISIBLE
		(Resolución 0631 de 2015 Art. 15)
pH	unidades	6 a 9
DQO	mg/l	150
DBO <sub>5</sub>	mg/l	50

PARÁMETRO	UNIDADES	VERTIMIENTO EN CUERPO DE AGUA
		LÍMITE PERMISIBLE
		(Resolución 0631 de 2015 Art. 15)
Sólidos suspendidos totales	mg/l	50
Sólidos sedimentables	mg/l	1
Grasas y aceites	mg/l	10
Fenoles totales	mg/l	0,20
Hidrocarburos totales	mg/l	10
Cianuro total	mg/l	0,1
Cloruros	mg/l	250
Fluoruros	mg/l	50
Sulfatos	mg/l	250
Sulfuros	mg/l	1
Antimonio	mg/l	0,3
Arsénico	mg/l	0,1
Bario	mg/l	1
Cadmio	mg/l	0,01
Cinc	mg/l	3
Cobalto	mg/l	0,1
Cobre	mg/l	1
Cromo	mg/l	0,1
Estaño	mg/l	2
Hierro	mg/l	1
Mercurio	mg/l	0,002
Níquel	mg/l	0,1
Plata	mg/l	0,2
Plomo	mg/l	0,1
Selenio	mg/l	0,2
Vanadio	mg/l	1
Temperatura	°C	<40



Fuente: Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015

## ➤ UNIDADES DE TRATAMIENTO:

### Aguas residuales domésticas

Las aguas que se generen en la Planta de triturado, concreto y asfalto se separarán en aguas negras e industriales dependiendo del lugar de origen. Las aguas negras serán las que se generen en las baterías sanitarias. Las aguas negras se enviarán por una línea a un pozo séptico compuesto, en términos generales, por una cámara cerrada a donde llegan los residuos, la cual facilita la descomposición y la separación de la materia orgánica por acción de las bacterias de estos residuos.

El tanque séptico permitirá la transformación de la materia orgánica en gases, líquidos y lodos; los lodos (sólidos sedimentables) se depositarán en la parte inferior de la cámara, por el contrario, las grasas y demás materiales ligeros flotan y se acumulan en la superficie formando una capa de espumas; los líquidos libres de material flotante se evacuarán de la

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

cámara, a través de tubos enterrados dirigidos hacia el punto de entrega al cuerpo de agua receptor. Por último los gases que se generen en los lodos, por procesos de descomposición anaeróbica y facultativa, (dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)), serán evacuados del tanque por medio de tuberías de aireación. El dimensionamiento del tanque se efectuará con base a los diseños técnicos que sean propuestos. (Ver Figura 11-1)

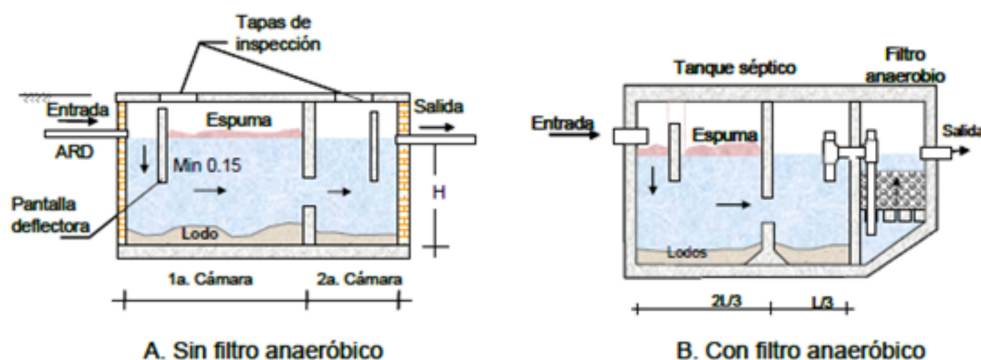


Figura 11-1 Esquema básico de un tanque séptico

### Aguas residuales industriales

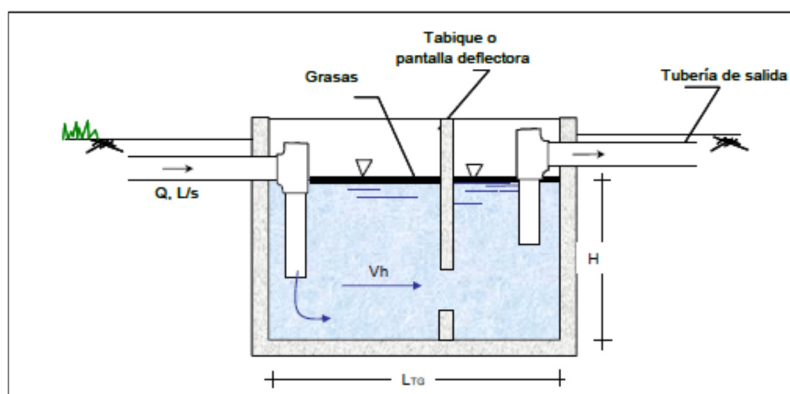
Las estructuras de tratamiento propuestas para las aguas residuales industriales, con el fin de evitar la contaminación y/o deterioro de los cuerpos de agua, se resumen a continuación:

En la planta de concreto, las aguas de escorrentía, así como las aguas del lavado de la planta y de los vehículos (mixer) se conducirán mediante canales perimetrales hacia las estructuras sedimentadoras (Figura 11-2 y Figura 11-3 ), después de la decantación de las partículas de cemento, grava y arena, el agua será conducida al sistema de recirculación de la planta para ser reutilizada en la elaboración del concreto. El agua resultante del secado de lodos será conducida a las estructuras sedimentadores y reincorporadas al proceso de la planta.

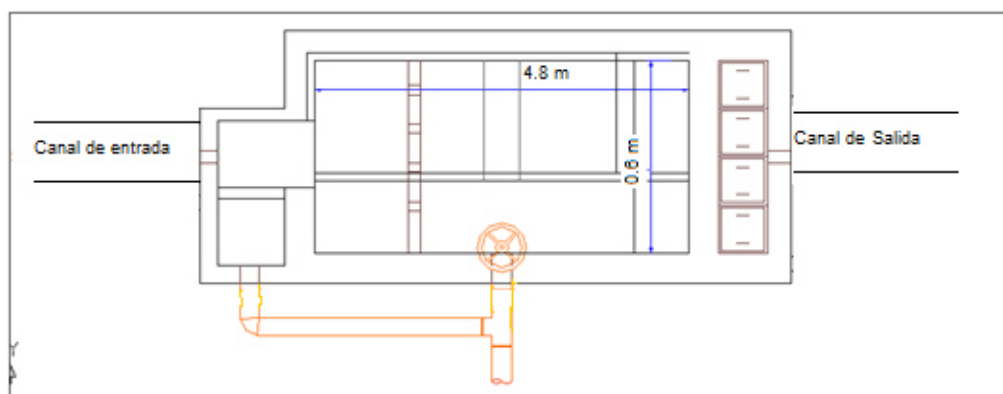
Todas las instalaciones de trabajo (planta y plataformas) contarán con canales perimetrales, canales de conducción, sedimentadores y trampas de grasa, destinados al manejo de aguas de escorrentía. Al igual que las zonas de almacenamiento de combustibles (aguas residuales también conducidas mediante canales perimetrales hasta los sistemas de tratamiento).

Las trampas de grasas (Figura 11-2) y los desarenadores tendrán un mantenimiento periódico, para garantizar su adecuado funcionamiento; los residuos aceitosos serán almacenados herméticamente y entregados a empresas especializadas para su disposición final, mientras que los lodos resultantes se secarán (en la zona de secado) y dispondrán

finalmente en una de las ZODME más cercanas.

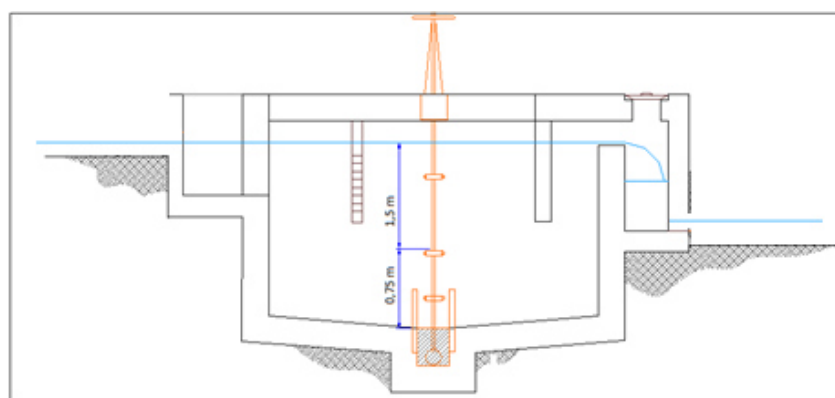


**Figura 11-2 Esquema básico de una trampa de grasas**



**Figura 11-3 Planta -Desarenador para tratamiento primario**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016





**Figura 11-4 Perfil - Desarenador para tratamiento primario**

Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

Se selecciona una estructura de sección rectangular con dimensiones mínimas para mantenimiento que permiten el ingreso de una persona. Las dimensiones seleccionadas son las siguientes:



	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b>  <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

- Longitud útil:  $L = 4.80 \text{ m}$
- Ancho útil:  $B = 0.60 \text{ m}$
- Profundidad útil:  $H_d = 0.21 \text{ m}$
- Profundidad total (Con zona de lodos):  $H_t = 1.5 \text{ m}$

Ésta estructura tiene capacidad para tratar hasta 25 L/s garantizando el periodo de retención mínimo exigido por el RAS2000.

### **Aguas de escorrentía**

Contaminadas: Las aguas de escorrentía contaminadas se manejarán a través de cunetas y serán enviadas a los sistemas ya mencionados como trampas de grasa y desarenadores para su posterior vertimiento al medio.

No contaminadas: Para el manejo de las aguas lluvias no contaminadas se construirá un sistema de cunetas perimetrales alrededor de la locación o frente de obra. Las aguas recogidas por las cunetas se entregarán en un desarenador y el efluente se entregará de forma controlada al medio.

### **Aceites lubricantes residuales**

Los aceites provenientes del mantenimiento de los equipos que sea realizado en el campamento serán entregados a terceros que cuenten con la licencia para su tratamiento y disposición final.

#### **➤ TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DEL VERTIMIENTO**

El transporte de las aguas residuales se realizará desde los sitios de generación hasta las trampas de grasas, desarenadores y al sistema de tratamiento de agua residual mediante alcantarillas y/o líneas de flujo destinadas para tal fin. Se evitará la mezcla de las aguas residuales industriales con las aguas de escorrentía, mediante la canalización por separado de las mismas. Luego del tratamiento, se dispondrá el agua residual ya tratada en cuerpos de agua superficiales; el agua será transportada desde el sitio de tratamiento hasta los lugares de disposición final mediante un sistema de líneas de flujo y motobombas.

#### **➤ INSUMOS PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Los insumos para la operación del sistema de gestión del vertimiento se pueden dividir en dos:

- a) Combustibles: estos serán requeridos principalmente para la operación de los equipos que requieran de energía eléctrica; entre estos, se destacan principalmente

las bombas (centrifugas, de desplazamiento positivo) utilizadas para la transferencia de fluidos en el sistema. Estas pueden ser conectadas a unidades de generación *in situ*, utilizando diesel.

- b) Insumos químicos: los tratamientos químicos requieren productos que permiten el ajuste del pH y una coagulación y floculación eficiente. En la **Tabla 11-11** se referencian los principales productos usados para el tratamiento.

**Tabla 11-11 Principales productos usados en el tratamiento químico**

PROCESO	PRODUCTOS
Ajuste de pH	Se utiliza generalmente hidróxido sódico al 50%, aunque también es posible la utilización de hidróxido sódico a otras concentraciones (25, 35%) o incluso otros hidróxidos, como el hidróxido de calcio (Servyeco Grupo, 2008).
Coagulación	La coagulación es un proceso en el cual se desestabilizan las cargas eléctricas de las suspensiones coloidales. Este proceso permite que se formen partículas de mayor tamaño propiciando su precipitación.  Se suelen utilizar como coagulantes las sales minerales como el sulfato de alúmina, el cloruro férrico, el sulfato férrico, el sulfato ferroso y la cal (METCALF, 1985).
Floculación	La floculación se genera por la agregación de partículas de menor tamaño suspendidas en el agua residual. Generalmente se utilizan productos químicos que permiten acelerar el proceso, entre estos: polielectrólitos no iónicos, aniónicos y catiónicos (Servyeco Grupo, 2008).
Desinfección	Esta se realizar principalmente con cloro.

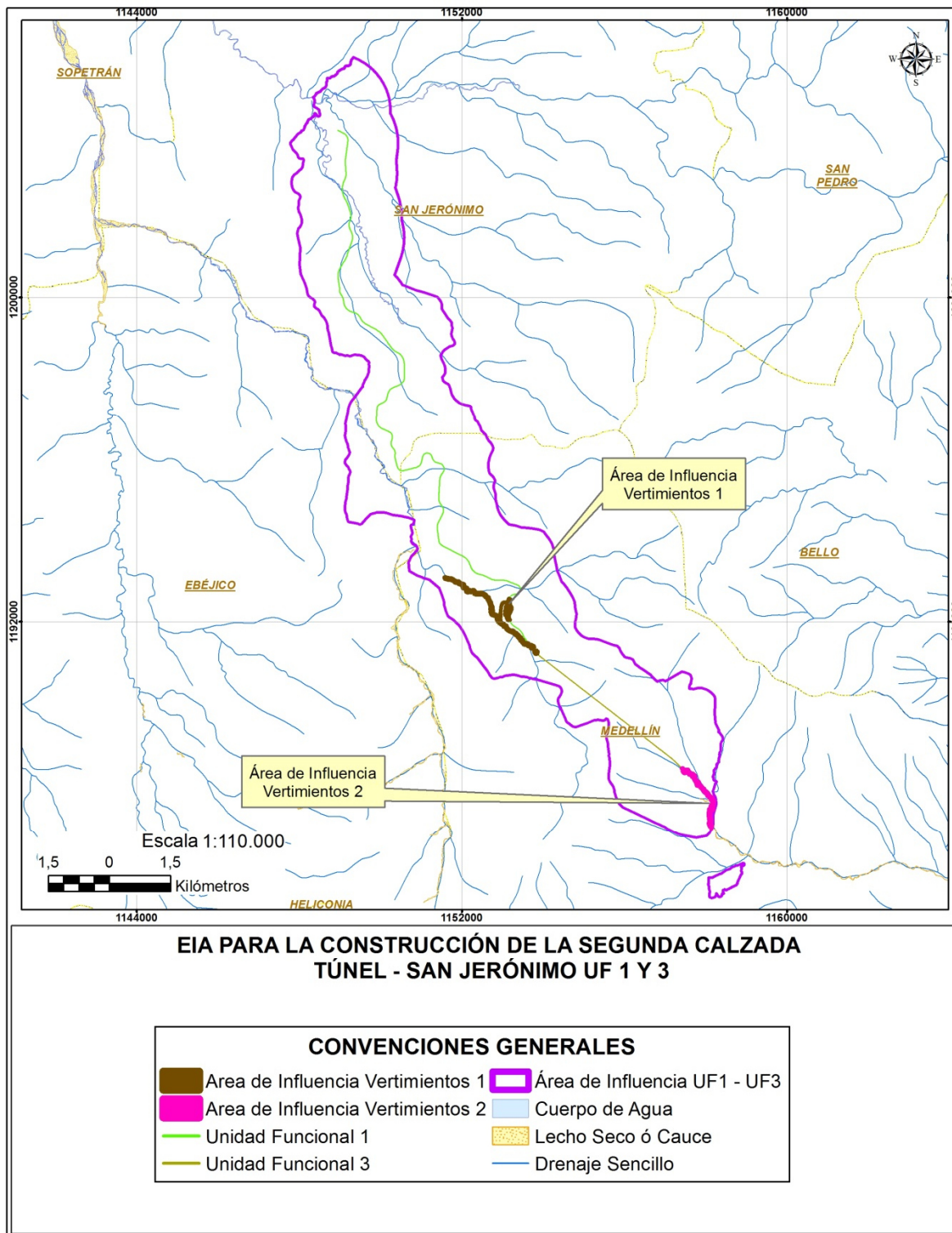
Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

#### 11.2.4.8 Caracterización del área de influencia

Esta caracterización está orientada a la identificación de las amenazas que ofrece el medio al proyecto (amenazas naturales, socioculturales y de orden público), las resultantes de la operación del sistema (amenazas operativas) y sus efectos sobre los elementos sociales y ambientales que sean vulnerables (Resolución 1514 del 2012).

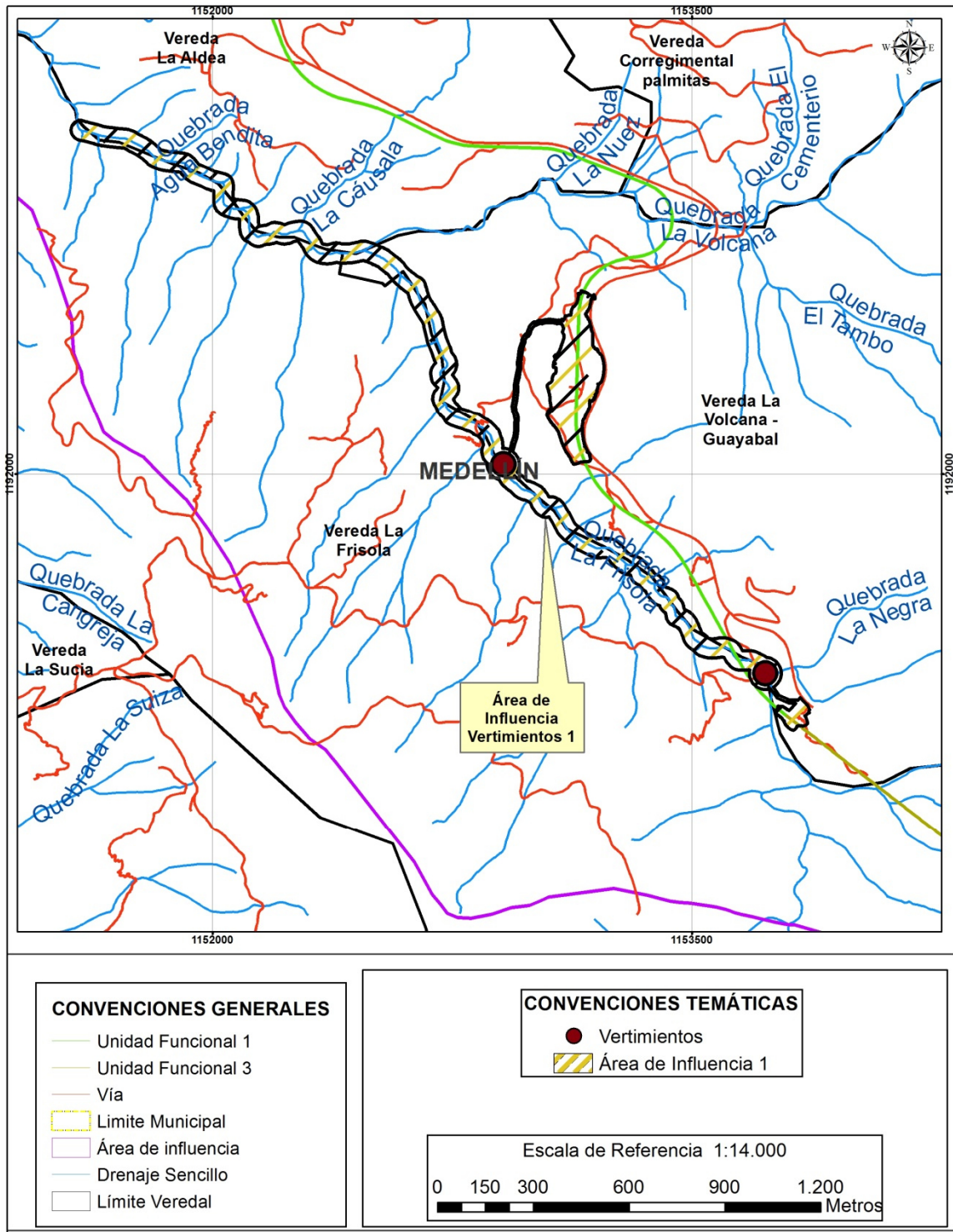
##### 11.2.4.8.1 Área de influencia

En la **Figura 11-6** se presenta el área de influencia del proyecto con las áreas de influencia correspondientes al SGV. El área de influencia se definió considerando el inicio del Sistema de Gestión del Vertimiento, comprendido por las áreas de generación y tratamiento, las potenciales áreas donde se dispondrían los elementos que constituyen el sistema y los medios de conducción de las aguas residuales hasta los puntos de vertimiento. En las se presentan en detalle las áreas de influencia correspondientes al sistema de gestión del vertimiento.



**Figura 11-5 Áreas de influencia SGV**

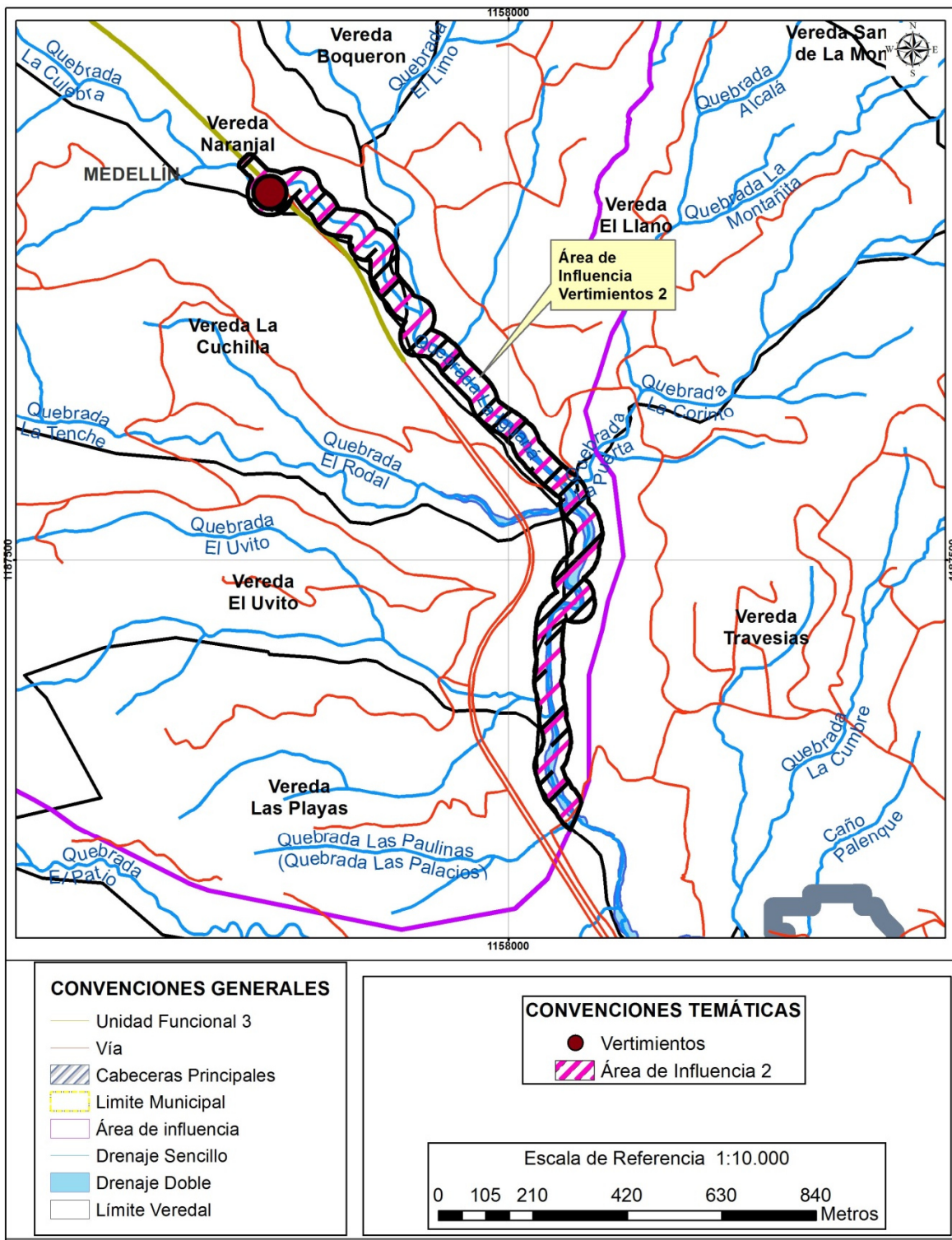
Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)



**Figura 11-6 Áreas de influencia SGV Quebrada La Frisola**



Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)





**Figura 11-7 Áreas de influencia SGV Quebrada La Culebra**

Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b> <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.0</b>	

#### 11.2.4.9 Medio Abiótico

Dentro del medio abiótico, se describirán los siguientes elementos considerando la posible afectación del medio al sistema o del sistema al medio:

##### 11.2.4.9.1 Del Medio al Sistema

##### 11.2.4.9.1.1 Geología

Para la caracterización de cada uno de los vertimientos se presenta la descripción de las unidades litológicas y el grado de amenaza sísmica.

Unidades litológicas



**Lleno Antrópico (QII):** Corresponde a depósitos del cuaternario, son depósitos de sobrantes de excavación resultantes principalmente de la anterior construcción del túnel de occidente y actual vía Medellín – Santa Fe de Antioquia.

**Depósitos Aluviales (Qal):** Corresponde a depósitos del cuaternario, se encuentran en los valles de todos los ríos y algunas quebradas que por su morfología permiten acumulación de estos sedimentos. Predominan gravas gruesas con intercalaciones ocasionales de grava guijosa.

**Depósitos de derrubio/depósitos de deslizamientos (Qd):** Corresponde a depósitos del cuaternario, son depósitos de ladera. Depósitos coluviales de espesores variables 5m o mayores. Cuando su material parental son esquistos y neises, pueden observarse con 80% de matriz areno gravosa, suelta, color gris medio; clastos (20%), diámetro promedio 1-7cm, angulares, composición de esquistos, moderada a altamente meteorizados, ejemplo Qd ubicado cerca a la salida del túnel.

Cuando proviene de rocas ígneas de la Diorita de Altavista, se caracterizan por ser de gran espesor, con matriz 60%, textura arenosa, suelta a medianamente suelta, color pardo, clastos 40%, son bloques angulares de rocas meteorizadas, de composición ígnea y metamórfica. Espesores observados entre 20-30m.

**Diorita Altavista (Kida):** Corresponde al periodo Cretácico. Cuerpo granítico intrusivo de composición diorítica según Travis (1965), o Monzodiorita según Streckeisen (1974), que aflora en la margen occidental del Valle del Río Medellín. Debido a su variedad petrográfica lo ubican como Plutón de Epizona, entre las rocas se encuentran desde porfiríticas de matriz afaníticas y composición intermedia a dioritas, cuarzodioritas y granitos. La roca predominante es félsica, de color gris, cremas hasta verdes en las rocas

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

porfiríticas<sup>1</sup>.

**Grabos de Romeral (Jgr):** Corresponde al periodo Jurásico, son gabros de grano fino a pegmatíticos, asociados al sistema de fallas de Romeral.

**Granito néisico de Palmitas (Jgr):** Cuerpo alargado orientado N10W, presenta contacto fallado por el Oeste con delgadas franjas de esquistos cuarzo-sericíticos cataclásticos, por el Batolito Antioqueño encontrándose xenolitos del granito néisico en este. Tiene la apariencia de una roca de alto grado de metamorfismo, facies granulita, debido a la alteración superficial de gran parte de los componentes.

La estructura néisica es desarrollada gracias a metamorfismo dinamo térmico a partir de una roca granítica. Millward y Verdugo (1981) dataron con Rb/Sr  $420 \pm 80$  m. a. Cámbrico – Ordoviciano<sup>2</sup>.

**Esquistos cuarzo sericíticos (Pzes):** Los Esquistos Cuarzo sericíticos, “son rocas producto de metamorfismo regional de grado bajo a medio, color negro debido al contenido de grafito, tienen un alto contenido de cuarzo y se hacen más claros al aumentar el contenido de cuarzo y moscovita. Comúnmente se observa gradación de los esquistos cuarzo sericíticos y filitas a esquistos verdes actinolíticos (INGEOMINAS, 1983)<sup>3</sup>. Estos materiales conforman al igual que la mayoría de las rocas de la zona, cuerpos alargados en dirección de las estructuras principales (NS), y se identifican en la zona central del área de estudio, delimitados por las falla San Jerónimo y Sucia. Hacia el sur del área de estudio, donde se proyecta la construcción del segundo Túnel de Occidente, se encuentran en contacto al SE con la Diorita de Altavista (Kida) y al NW con el Granito Néisico de Palmitas (Pgnp).

**Esquistos verdes (Pev):** Estos materiales al igual que la mayoría de las rocas de la zona, son cuerpos alargados de dirección NS, delimitados por contactos fallados con Gabros de Romeral (Jgr) al occidente y Granito néisico del Palmitas (Pgnp) al oriente, hacia la parte central del área de estudio. Los esquistos verdes corresponden a una variación gradaciones de la unidad de Esquistos cuarzo sericíticos, con aumento de anfíboles, plagioclasa y clorita y/o epidota<sup>4</sup>.

## Geología estructural y amenaza sísmica

El área de estudio se localiza en el departamento de Antioquia al noroccidente del país, en la cordillera Central, en donde se encuentran desde rocas sedimentarias hasta ígneas y



<sup>1</sup> GONZALEZ, Humberto y LONDOÑO, Ana Cristina. Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Diorita de Altavista (Stock de Altavista) (K1da). Cordillera Central. Departamento Antioquia. Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero – Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS. 2002.

<sup>2</sup> AREA METROPOLITANA – Consorcio Microzonificación 2006. Microzonificación Sísmica detallada de los Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado.

<sup>3</sup> OFB y Compañía Ltda. Consultores. Diseño de Muro en PR 40+000 Sector el Guaico en la vía antigua de la Conexión Vial Aburrá - Río Cauca. Medellín, julio de 2012.

<sup>4</sup> Mejía, Mario. Memorias Mapa Geológico Preliminar Plancha 146. INGEOMINAS. Escala 1:100.000.



	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

metamórficas de edades desde el Paleozoico hasta Cretáceo superior. La cordillera Central colombiana comprendida entre el cañón del río Cauca y el valle del río Magdalena, presenta características morfológicas y litológicas variadas. El área de estudio se ubica entre la margen derecha del río Cauca y costado noroccidental del Valle de Aburrá, en la vertiente occidental y piedemonte de la Cordillera Central.

El área de influencia se caracteriza por presentar un nivel de amenaza sísmica baja de acuerdo con “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, 2010).

En el capítulo 5.1.1 del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto y en el Anexo 1 Cartografía, específicamente en el mapa de geología (escala 1:25000), se presenta de manera generalizada la geología.

#### 11.2.4.9.1.2 Geomorfología

##### ➤ Morfogénesis



Los vertimientos se encuentran sobre varios tipos de relieves de origen denudacional y antrópico, los cuales son presentados a continuación:

**Denudacional estructural (DSve):** La litología dominante corresponde a rocas de bajo y medio grado de metamorfismo, caracterizada por esquistos cuarzo sericíticas, esquistos verdes y misceláneo rocoso que comprende además rocas intrusivas máficas tipo gabros y granitos néisicos. Corresponde al componente geomorfológico Valles estrechos aluviales y/o coluvio aluviales (ve); la morfografía es de relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%).

**Denudacional estructural (DSI):** La litología dominante corresponde a rocas de bajo y medio grado de metamorfismo, caracterizada por esquistos cuarzo sericíticas, esquistos verdes y misceláneo rocoso que comprende además rocas intrusivas máficas tipo gabros y granitos néisicos. Corresponde al componente geomorfológico de Laderas (I); la morfografía corresponde a Laderas muy largas y rectas, patrón de drenaje subparalelo, cimas angostas, subangulares.

**Denudacional (Dcr):** La litología dominante corresponde Rocas ígneas intrusivas y granitos néisicos, masivos, drenaje subdendrítico, medianamente denso; desarrollan suelos residuales profundos. Corresponde al componente geomorfológico Coluvio de remoción (cr); la morfografía corresponde a depósitos de ladera de dimensiones variables, ubicados en las vertientes; formas irregulares y pendientes entre fuertemente inclinadas (12-25%) y fuertemente escarpadas (75-100%).

**Denudacional (DI):** La litología dominante corresponde Rocas ígneas intrusivas y granitos

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.0</p>	

néisicos, masivos, drenaje subdendrítico, medianamente denso; desarrollan suelos residuales profundos. Corresponde al componente geomorfológico Laderas (I); la morfografía corresponde a Relieve de laderas largas a muy largas, irregulares a escalonadas, cimas redondeadas; drenajes profundos, con predominio de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%).

**Denudacional (Dve):** La litología dominante corresponde Rocas ígneas intrusivas y granitos néisicos, masivos, drenaje subdendrítico, medianamente denso; desarrollan suelos residuales profundos. Corresponde al componente geomorfológico Valles estrechos aluviales y/o coluvio aluviales (ve); la morfografía es de relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes ligeramente escarpadas (25-50%).

#### ➤ Morfodinámica



La morfodinámica corresponde a procesos erosivos de socavación y erosión hídrica principalmente: Erosión hídrica relacionada con la formación de canales estrechos y erosión en cárcavas: erosión hídrica intensa de varias dimensiones desde estrechas y poco profundas a muy amplias y de varios metros de profundidad; mientras que la socavación está asociada con erosión en las márgenes de ríos y quebradas por efecto de la corriente, con pérdida de soporte y desprendimientos de terreno. La unidad geomorfología denudacional (DI) Se caracteriza por abundantes depósitos de ladera, cicatrices de antiguos deslizamientos y deslizamientos activos; la unidad Denudacional estructural (DSI) se caracteriza por presentar una morfodinámica alta. Alta susceptibilidad a caída de rocas, con presencia de abundantes cicatrices de deslizamientos y deslizamientos activos.

#### 11.2.4.9.1.3 Hidrología

La caracterización hidrológica está orientada a la identificación de fenómenos hidrológicos (inundaciones, avenidas torrenciales) que puedan afectar la normal operación del Sistema de Gestión del Vertimiento.

La resolución 1514 de 2012 resalta que es importante considerar que el criterio para desarrollar el aspecto hidrológico está dado por la localización y el nivel de exposición del Sistema de Gestión del Vertimiento, en referencia al fenómeno hidrológico que pueda afectar su normal operación. Siendo así, la ubicación del sistema de gestión de vertimiento para este caso propicia una mínima exposición del sistema a este tipo de fenómenos.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales estarán ubicadas en los campamentos temporales y por ende fenómenos naturales de avenidas torrenciales no podrían afectar el sistema de forma significativa. Así mismo, contarán con un sistema de manejo de agua superficial que permitirá la conducción de aguas lluvias por medio de canaletas, alcantarillas y sumideros, lo que prevendrá inundaciones y por ende la exposición del sistema de tratamiento de agua residual a este fenómeno.

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

Adicionalmente, la descarga se realizará mediante líneas de flujo o carrotanques, por ende un fenómeno natural como la avenida torrencial tendría el potencial, en el peor de los casos, de afectar la línea de flujo de agua residual ya tratada, lo que se consideraría un daño menor al sistema.

El área de influencia del sistema de gestión del vertimiento, está localizada en las cuencas Hidrográficas de la quebrada Seca y el río Medellín, específicamente en las microcuencas de la quebrada La Frisola y la quebrada La Culebra. En el capítulo 5.1.5 del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto se presenta la caracterización hidrológica y en el Anexo 1 Cartografía se presenta el mapa hidrológico.

#### **11.2.4.9.1.4 Geotecnia**

La zonificación geotécnica del área de estudio consiste en la división del terreno en zonas geotécnicamente homogéneas, calificadas de acuerdo con las condiciones de estabilidad que pueden afectar la construcción y operación del proyecto vial construcción de la Segunda Calzada entre el Túnel de Occidente y San Jerónimo (Unidad Funcional 3 y 1), para lo cual en un ambiente SIG, se definen áreas con características similares en cuanto a litología (geología), geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas, ocurrencia de deslizamientos y pendientes.

En términos generales el área de influencia del sistema de gestión de se encuentran en una zona de estabilidad geotécnica asociada a sectores con susceptibilidad alta a procesos de licuación para el vertimiento en la quebrada La Culebra y principalmente en los vertimientos en la quebrada La Frisola. En el capítulo 5.1.9 del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto y en el Anexo 1 Cartografía se presenta la caracterización geotécnica y el mapa de zonificación geotécnica en escala 1:25000.



#### **11.2.4.9.2 Del Sistema de Gestión del Vertimiento al Medio**

##### **11.2.4.9.2.1 Suelos, Cobertura y Usos del Suelo**

###### **➤ Suelos**

Los suelos encontrados en el área de estudio se agrupan en unidades cartográficas de suelos (UCS); se definen como “el conjunto de todas las delineaciones o polígonos de suelos que están identificadas por un mismo símbolo, cuya nomenclatura ha sido previamente establecida” (USDA 1985). Las unidades cartográficas difieren entre sí y pueden estar constituidas por uno o más componentes (tipos de suelos), a continuación se realiza la descripción de las unidades cartográficas de suelo en el área de influencia:

###### **Asociación Tequendmita:**

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b>  <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

Se localiza en los municipios de Medellín y San Jerónimo. Son suelos desarrollados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas ubicados en las crestas ramificadas en esquistos y neis. El relieve es empinado a fuertemente inclinado con pendientes entre 7 y 75%. Presentan erosión ligera a moderada. Son suelos con texturas medias, profundos y moderadamente profundos, pueden ser limitados por gravillas, piedras y óxidos de hierro.

### **Asociación Ituango**

Son suelos que se encuentran bordeando el batolito antioqueño. Dentro del área de influencia están presentes en el municipio de Sopetrán. Geomorfológicamente se ubica en las crestas ramificadas en esquistos, asociados a pequeños coluvios y afloramientos rocosos. Son suelos desarrollados a partir de rocas metamórficas con texturas finas a medias, bien drenados y profundos (IGAC, 2007).

Esta asociación la forman suelos Typic Eutrudepts (35%), Typic Dystrudepts (30%), Oxic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Acrudoxic Kandudults (5%), Humic Eutrudepts (5%) y Humic Dystrudepts (5%) (IGAC, 2007).

Dentro del área de influencia están presentes en las laderas moderadamente empinadas con erosión moderada y laderas empinadas con erosión moderada con la siguiente composición pedológica:



### **Asociación Peñitas**

Son suelos localizados en los municipios Ebéjico y Sopetrán. Corresponden a zonas de vida de bosque húmedo premontano. Está presente en las crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de cenizas volcánicas. Se ubican en los relieves fuertemente ondulados a moderadamente escarpados, entre pendientes del 12 y 75%. Presenta erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetas. Son desarrollados a partir de rocas metamórficas con recubrimientos discontinuos de cenizas volcánicas, con buen drenaje, profundos y de fertilidad baja a moderada.

La asociación está compuesta por suelos Typic Hapludands (50%); Humic Dystrudepts (20%), Typic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Hydric Hapludands (10%).



Dentro del área de influencia están presentes en las laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas y laderas empinadas con erosión moderada con la siguiente composición pedológica:

### **➤ Coberturas Identificadas en el Área de Influencia**

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR	
	CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.0	




Para la caracterización de las coberturas de la tierra, el proceso se basó en la interpretación de imágenes Rapideye de 2014 y ortofotos de la zona de una resolución media; teniendo en cuenta para la delimitación de las coberturas criterios fisonómicos y estructurales de la vegetación, combinados con el reconocimiento de características fisiográficas, geomorfológicas, así como características de la imagen como son: tono, textura, patrón, forma y tamaño; siendo esta la manera en la que se genera el mapa de coberturas a escala 1:100.000, para lo cual también se tuvo en cuenta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales en el que se usa la clasificación Corine Land Cover adaptada para Colombia (CLCC). La **Tabla 11-12** describe brevemente cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia.

**Tabla 11-12 Coberturas**

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	Descripción	Fotografía
1	Territorios artificializados				
	1.1	Zonas urbanizadas		Esta incluye los territorios cubiertos por infraestructura urbana, de los que para el área de estudio se identifican viviendas rurales nucleadas con un área de 1,78 ha	
	1.2	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación		Este nivel está constituido por Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (1.2.2) los cuales son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas. Para el área de influencia del proyecto la red vial está representada en la vía pavimentada con 0,64 ha.	

2



NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	Descripción	Fotografía
		2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. Para el área de estudio ocupa 13,03 ha	
3	Bosque y áreas seminaturales	3.1	Bosques	<p>Cobertura constituida por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales, la vegetación se encuentra ligada al microclima, la fertilidad de los suelos y la fluctuación del nivel freático.</p> <p>Esta cobertura se presenta en las márgenes de los drenajes intermitentes, distribuidos en el área de estudio, con un área de 15,66 ha</p>	
	3.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.3	Vegetación secundaria o en transición	
		3.2.3.1	Vegetación secundaria alta	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. Está representada por un área de 0,65 ha.	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

Los mapas correspondientes a los suelos y coberturas en el área se presentan en el Anexo Cartográfico.

#### ➤ **Vocación del uso del suelo**

Las categorías de vocación de uso o uso potencial, corresponden a la principal capacidad de



uso establecida para cada una de las clases agrologicas, teniendo en cuenta sus limitantes y características de sostenibilidad. Cada una de las vocaciones de uso se homologaron a las categorías establecidas por la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia (IGAC y CORPOICA, 2002).

Los Grupos de Manejo, son agrupados en un sistema jerárquico de dos niveles que relaciona la vocación actual de uso de las tierras y el uso principal recomendado.

La vocación actual de uso de las tierras, constituye la clase mayor de uso que una unidad de tierra está en capacidad natural de soportar con características de sostenibilidad, evaluadas sobre una base biofísica, sin tener en cuenta circunstancias económicas actuales, propias de cada clase de manejo.

En el área de influencia se identificaron seis vocaciones de uso del suelo, presentadas en la Tabla 11-13

**Tabla 11-13 Vocación de Uso del Suelo en el Área de influencia**

Área de Influencia	Vocación de uso	Tipo de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Vertimientos 1	Forestal	Producción	FPR	24,70	63,96%
		Producción-protección	FPP	1,65	4,27%
Vertimientos 2	Forestal	Producción-protección	FPP	3,83	9,91%
	Agrícola	Cultivos semipermanentes	CSS	8,44	21,86%
<b>Total</b>				<b>38,62</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S. A, 2016

Como se puede observar, en el área de influencia de Vertimientos 1 solo se presenta vocación para la producción forestal, ocupando el 68,23% del área. Para el área de vertimientos 2, con una mayor representatividad se presenta vocación para la producción agrícola con 21,86%, seguido de vocación forestal con 9,91%.

### ➤ **Uso Actual del Suelo**

El Uso actual del Suelos se define como aquel uso que se le atribuye a la cobertura del suelo ya sea en actividades productivas con un beneficio económico o aquellas que no lo generan, éstas últimas asociadas a las tierras con usos de conservación y/o protección. Adicionalmente, es el resultado de la interacción de aspectos como el tiempo y el espacio resumidos en lo que conocemos como evolución humana, la cual define si el uso se mantiene o cambia en función de las necesidades económicas, sociales y/o culturales de la población.

El Uso Actual del Suelo se determina a partir del mapa de las Coberturas de la Tierra realizado por el consultor a escala 1:25:000, mediante la agrupación de coberturas con similares funcionalidades, permitiendo la identificación de áreas que presentan los mismos

patrones de explotación y uso de los recursos naturales asociados al suelo; en términos de las categorías del Uso del Suelo, establecidas por el IGAC y CORPOICA, 2002.

Adicionalmente, para la determinación de uso actual se tuvo en cuenta el uso reglamentado del suelo a través de la consulta de los instrumentos de ordenamiento territorial (EOT's, PBOT's y POT's) identificados en el área de influencia, específicamente las categorías de agropecuario, protección, reserva, suburbano, entre otros, áreas a las cuales se les respetó el uso especificado por los instrumentos de ordenamiento, descripción que se desarrolla en el aparte de Uso Reglamentado.

Como resultado se obtuvo el uso actual del suelo en cinco categorías, teniendo en cuenta las áreas protegidas a las cuales se les conservó el uso definido por norma. En la Tabla 11-14 se presenta el uso actual, el tipo de uso, símbolo, áreas y porcentaje de cubrimiento.

**Tabla 11-14 Uso Actual del Suelo en el Área de influencia**

Área de influencia	Uso Actual	Tipo de uso	Símbolo	Area (Ha)	Area (%)
Vertimientos 1	Ganadera	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	PSI	2,76	7,15%
	Ganadera	Pastoreo extensivo	PEX	0,83	2,16%
	Agroforestal	Pastoreo extensivo	SAP	7,34	19,01%
	Conservación	Forestal protectora	CFP	13,87	35,91%
	Urbano	Urbano	ZU	1,55	4,01%
Vertimientos 2	Ganadera	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	PSI	2,43	6,29%
	Agroforestal	Pastoreo extensivo	SAP	6,51	16,86%
	Conservación	Forestal protectora	CFP	2,45	6,34%
	Urbano	Urbano	ZU	0,88	2,28%
<b>Total</b>				<b>38,62</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S. A, 2016

En el área de influencia de Vertimientos 1 predominan los usos de conservación con un 35,91% que corresponden a coberturas de Bosque de galería, seguido de uso agroforestal, los cuales están asociados a mosaicos con un 19,01%. Para el área de influencia de vertimientos 2 predominan los usos agroforestales, representados por el 16,86%, asociados a coberturas de mosaicos, seguido de usos de conservación con una representatividad del 6,34%, asociados a coberturas de bosque de galería (Tabla 11-14).

Para las áreas de influencia de Vertimientos 1 y 2 en menor proporción se registran usos ganaderos y urbanos, asociados a pastos y territorios artificializados respectivamente.

#### **11.2.4.9.2.2 Calidad del Agua**

El estado ambiental en que se encuentra el recurso hídrico, en cuanto a sus condiciones físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, permite establecer el tipo de uso que se

	<p align="center"><b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b>  <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b></p>	
	<p align="center"><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b></p>	
	<p align="center"><b>VERSIÓN 0.0</b></p>	

le puede dar a este bajo ciertos estándares de calidad, que de no ser cumplidos, requerirían de tratamientos específicos para su posterior aprovechamiento. Estos estándares de calidad, pueden ser alterados de diferente forma, tanto directa como indirectamente, por aporte de diferentes agentes provenientes de la dinámica natural del entorno (aportes de materia orgánica, arrastre de sedimentos, etc.), o por actividades antrópicas que modifican las condiciones normales del recurso

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de las fuentes de agua correspondientes a los puntos de vertimiento se presentan en la Tabla 11-15.

**Tabla 11-15. Resultados del vertimiento para la UF3-1**

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		DECRETO 1076/2015					
			P1 Q. LA CULEBRA	P2 Q. LA FRISOLA	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
IN SITU	No. LABORATORIO IHA		54971	2731						
	No. LABORATORIO ANTEK		34132	2749						
	No. LABORATORIO CIAN		3805	3585						
	No. CIMA		2778	2731						
	FECHA	A-M-D	2016-04-16	2016-04-15						
	HORA	h:min	14:10	12:10						
	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	21	25	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	°C	18,25	20,51	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	Unidades	7.82	7.46	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	137	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	102	20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	7,29	7,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CAUDAL	L/s	5,4	1255	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	76	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALUMINIO	mg/L	0,8	0,7	N.E.	N.E.	5	5	N.E.	N.E.
	ANTIMONIO	mg Sb/L	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	AOX	mg/L	<0,01	<0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	BARIO	mg/L	0,8	0,8	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	BERILIO	mg Be/L	<0,011	<0,011	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	N.E.
	BORO	mg/L	<0,137	<0,137	N.E.	N.E.	0,3 - 4,0	5	N.E.	N.E.
	CADMIUM	mg/L	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	CLORUROS	mg/L Cl-	<5	<5	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COBRE	mg/L	<0,03	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	11	103	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	12	114	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	COMPUESTO FENOLICOS SEMI VOLATILES	mg/L	<0,001	<0,001	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CROMO TOTAL	mg/L	0,12	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	DOC	mg/L	17	68	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DBO5	mg/L	3	2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DQO	mg/L O2	11	54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ESTAÑO	mg/L	<0,229	<0,229	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	75	13	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	DUREZA CALCICA	mg/L CaCO3	46	6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FORMALDEHIDO	mg/L	<0,2	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	1,95	1,77	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,5	<0,5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V	S.P.V
	HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS	mg/L	<0,0003	<0,0003	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<0,5	<0,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	HIERRO TOTAL	mg/L	<0,05	0,26	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.	N.E.
	LITIO	mg/L	<0,021	<0,021	N.E.	N.E.	2,5	N.E.	N.E.	N.E.
	MANGANESO	mg/L	<0,03	<0,03	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	MERCURIO	mg/L	<0,0019	0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	MOLIBDENO	mg/L	0,3	0,2	N.E.	N.E.	0,01	N.E.	N.E.	N.E.
	NIQUEL	mg/L	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRATOS	mg/L N - NO3	2,3	<0,3	10	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRITOS	mg/L N - NO2	<0,003	<0,003	1	1	N.E.	10	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO AMONIA CAL	mg/L N-NH3	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NITRÓGENO TOTAL	mg/L	11,8	9,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ORTOFOSFATOS	mg PO43-/L	0,212	<0,06	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	30	18	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	113	39	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SULFATOS	mg/L SO4-2	2,9	2	400	400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	SULFUROS	mg/L S-2	<4	<4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TENSOACTIVOS	mg/L LAS	0,168	0,292	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,5	0,5
	TITANIO	mg/L	<0,158	<0,158	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	TURBIEDAD	NTU	1,08	7,3	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	VANADIO	mg/L	<0,3	<0,3	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	N.E.
	ZINC	mg/L	0,03	0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.
	Arsenico	mg/L	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	BENCENO, TOLUENO, XILENO Y ETILBENCENO	mg/L	<0,01	<0,01	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	CIANURO	mg/L	<0,05	<0,05	0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COBALTO	mg/L	<0,05	<0,05	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.	N.E.
	Fenoles	mg/L	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	COLOR REAL (435 Nm)	1/m	6,5	9,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (520 Nm)	1/m	5,7	8,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	COLOR REAL (620 Nm)	1/m	5,0	8,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	FLUORUROS	mg/L de F-	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

En el capítulo 5.1.6 del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto se presenta la

caracterización de calidad del agua del área de influencia del proyecto.

#### 11.2.4.9.2.3 Usos del Agua

En las visitas de campo realizadas (2016), no se evidenciaron bocatomas veredales de captación de agua aguas abajo de los puntos de vertimiento. Aunque se identifica un usuario para consumo humano sobre la quebrada La Frisola, aguas abajo del punto de vertimiento del portal de salida del túnel, correspondiente a aguas de infiltración. En la

**Tabla 11-16 Usuario Identificado quebrada La Frisola**

MUNICIPIO	QUEBRADA	VEREDA	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
Medellín	Quebrada La Frisola	La Volcana - Guayabal	1153683.8	1191423.4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

#### 11.2.4.9.2.4 Hidrogeología

La hidrogeología del área de estudio se presenta con detalle en el numeral 5.1.8 del Capítulo 5 del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

#### 11.2.4.10 Medio biótico

##### 11.2.4.10.1 Ecosistemas Acuáticos

Se realizó la caracterización de ecosistemas acuáticos, teniendo en cuenta las comunidades hidrobiológicas (Perifiton, Bentos y Fauna íctica). Los datos referenciados en este numeral corresponden a los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo correspondientes a los puntos de vertimiento planteados para el desarrollo del proyecto (Quebrada La Frisola y Quebrada La Culebra)

##### **Quebrada La Frisola:**

Se presentan como coriotopo predominante, piedra en corriente rápida. Las actividades antrópicas presentes en la zona rural, son la ganadería, la agricultura y la minería con la extracción de material para la construcción, arena y piedra.

##### **Quebrada La Culebra:**

Se precia como coriotopos representativos, piedra en corriente lenta y arena. Las actividades antrópicas presentes en la zona son la agricultura y la ganadería.

**Tabla 11-17 Georreferenciación cuerpos de agua**

Cuerpo de agua	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá	
	Este	Norte
Quebrada La Culebra	1157394,839	1188391,394
Quebrada La Frisola	1153743,802	1191254,624

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

#### 11.2.4.10.1.1 Perifiton

La composición de perifiton en un tiempo y espacio específico depende de distintas variables como: el tipo de sustrato, la rugosidad y el estado trófico del agua. Las algas se desarrollan adheridas a todo tipo de sustrato y se observan regularmente como manchas verdes o parduscas sobre rocas, troncos y objetos artificiales sumergidos en el agua. Por tales características, su estudio permite tener un acercamiento de posibles efectos generados por contaminantes e sistemas tanto lenticos como loticos (Roldán-Pérez, 2008).

La comunidad de Perifiton estuvo representada por 12 morfoespecies, las cuales corresponden taxonómicamente a las divisiones Chlorophyta, Ochrophyta, Xanthophyta y el phylum Cyanobacteria (Tabla 11-18)

De acuerdo a los resultados obtenidos para la Quebrada La Culebra, la mayor abundancia se registró en la división Cyanobacteria (47%), con la morfoespecie *Lyngbya* sp. (811,8 Ind/cm<sup>2</sup>), seguido por la división Chlorophyta (18%), con la morfoespecie *Oedogonium* sp. (321 Ind/cm<sup>2</sup>) y la división Ochrophyta (32%), donde las morfoespecies más abundantes correspondieron a *Navicula* sp. (254,9 Ind/cm<sup>2</sup>) y a *Nitzschia* sp. (155,8 Ind/cm<sup>2</sup>). En menor proporción de abundancia se registran las divisiones Chlorophyta (Tabla 11-18, Figura 11-8).

Por otra parte para la Quebrada La Frisola, las mayores abundancias se registraron para a división Ochrophyta, donde las morfoespecies más representativas correspondieron a *Cymbella* sp. (39,7 Ind/cm<sup>2</sup>) y *Navicula* sp. (14,9 Ind/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 11-18 Composición taxonómica y abundancia del Perifiton en las Quebradas La Culebra y La Frisola**

DIVISIÓN/ PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE/ MORFO ESPECIE	Qda. Culebra	Qda. La Frisola
<b>Chlorophyta</b>	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp.	321	0
<b>Cyanobacteria</b>	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> sp.	811,8	0
<b>Ochrophyta</b>	Bacillariophyceae	Achnanthales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp.	9,4	0
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	155,8	0
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	0	39,7
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	85	0
			Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>	0	9,9

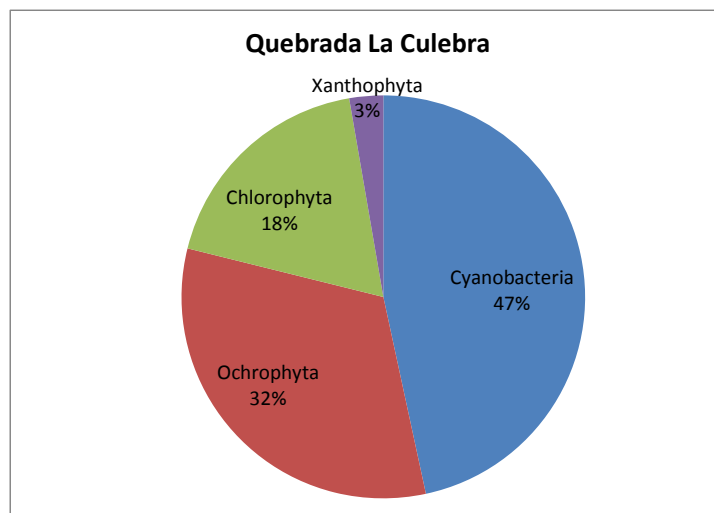


DIVISIÓN/ PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE/ MORFO ESPECIE	Qda. Culebra	Qda. La Frisola
				sp.		
		Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra sp.	14,2	9,9
		Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	254,9	14,9
			Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	37,8	0
			Pleurosigmataceae	Gyrosigma sp.	4,7	0
<b>Xanthophyta</b>	Xanthophyceae	Tribonematales	Tribonemataceae	Tribonema sp.	47,2	0

Fuente: CIMA., 2016

La presencia de *Lyngbia* sp. *Lyngbya* sp. indica sucesión avanzada, estratificación y concentración de sedimentos (Pinilla, 2000). Este grupo de microalgas registraron su mayor representatividad, lo cual se puede atribuir a que este tipo de algas se caracteriza por que sus poblaciones suelen predominar en situaciones marginales o cambiantes en el sistema, hecho correlacionado generalmente cuando la concentración de nutrientes se eleva (Ramírez, 2000). La morfoespecie *Navicula* sp., es una especie cosmopolita que también puede encontrarse en aguas estancadas y con bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> (Streble y Krauter, 1987; Pinilla, 2000).

Por otra parte para la Quebrada La Frisola, solo se registraron individuos pertenecientes a la división Ochrophyta, donde la mayor abundancia se registró para la morfoespecie *Cymbella* sp. (39,7 Ind/cm<sup>2</sup>), seguido de *Navicula* sp. (14,9 Ind/cm<sup>2</sup>).



**Figura 11-8 Porcentaje de Abundancia por Division/Phylum**

Fuente: CIMA., 2016

#### 11.2.4.10.1.2 Bentos

El concepto de Macroinvertebrados agrupa organismos que son perceptibles a simple vista; es decir, todos aquellos que superan los 0,5 mm de largo. Dentro de esta gran categoría se encuentran los poríferos, los hidrozooos, los turbelarios, los oligoquetos, los hirudíneos, los insectos, arácnidos, los crustáceos, los gastrópodos y los bivalvos (APHA, AWWA, and WEF, 2005).

**Tabla 11-19 Composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos en las Quebradas La Culebra y La Frisola.**

DIVISION/ PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE/ MORFO ESPECIE	Qda. Culebra	Qda. La Frisola
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	Morfoespecie 2	11,85	0,74
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Neelmis</i> sp.	0,74	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus</i> sp.	0	0,74
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis</i> sp.	7,41	0,74
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 7 Subfamilia Chironominae	7,41	1,48
Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	6,67	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i> sp.	0,74	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i> sp.	1,48	1,48
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	0	0,74
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	0	3,7
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp.	12,59	0
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	<i>Dythemis</i> sp.	7,41	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i> sp.	18,52	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> sp.	22,22	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	3,7	0,74
Arthropoda	Insecta	Trichoptera		<i>Smicridea</i> sp.	0	1,48
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	2,22	0
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Stenophysa</i> sp.	0,74	0
Platyhelminthes	Trepaxonemeta	Neophora	Planariidae	<i>Dugesia</i> sp.	0,74	0,74

Fuente: CIMA., 2016

En la composición general de la comunidad bentónica presente en los cuerpos de agua objeto de estudio se presentaron organismos pertenecientes a los phylum Annelida, Arthropoda, Mollusca y Plathelminthes, integradas en cuatro (4) clases, nueve (9) órdenes, 16 familias y 19 morfotipos (Tabla 11-19).

A partir de los resultados obtenidos se encontró que para La quebrada La Culebra el phylum más abundante corresponde a Arthropoda, clase insecta, en el cual las morfoespecies más abundantes corresponden a *Helicopsyche* sp. (22,22 Ind/mL), seguido por *Culoptila* sp. (18,52 Ind/mL) y *Rhagovelia* sp. (12,59 Ind/mL). Por otra parte el

siguiente phylum con mayor representatividad correspondió a Annelida con la Morfoespecie 2 (11,85 Ind/mL). Del mismo modo para La Quebrada La Frisola, el phylum más abundante corresponde a Arthropoda, clase insecta, donde las mayores abundancias las registraron las morfoespecies, *Baetodes* sp., Morfoespecie 7 Subfamilia Chironominae y *Smicridea* sp. Cada una con 1.48 Ind/mL.

#### 11.2.4.10.1.3 Peces

Dentro de los componentes faunísticos inmersos en los ecosistemas acuáticos los peces constituyen uno de los grupos característicos, no solo por ser el grupo taxonómico de mayor abundancia y riqueza de especies, sino también por su papel funcional dentro de los cuerpos de agua. Gran parte del flujo de energía que proviene en primera instancia de la producción primaria (algas, macrófitas y vegetación riparia) y de la cadena detritívora (Hongos, bacterias y virus) pasa a través de los peces hacia los vertebrados superiores, incluyendo el hombre, razón por la cual su estudio permite inferir el estado de todos los niveles tróficos presentes en el ecosistema (Trujillo, Caro, Suárez, & Usma, 2004).

Solo se registró el pez Baboso (*Astroblepus* sp.) en la Quebrada La Culebra, con una abundancia de 11 individuos (Tabla 11-20).

**Tabla 11-20 Peces registrados en la Quebrada La Culebra**

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE/ MORFOESPECIE	Qda. Culebra
Chordata	Actinopterygii	Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus</i> sp.	11

Fuente: CIMA., 2016

El género *Astroblepus* es muy abundante en aguas frías, se encuentra por lo general en las partes altas y medias antes de llegar a la zona plana, en ríos que presentan buenas condiciones de calidad de agua y substrato, es una especie bentónica que prefiere los ríos y quebradas con alta pendiente, en donde hay turbulencia y corrientes fuertes, es capaz de remontar el cauce y migrar río arriba sin importar la topografía y la velocidad de la corriente gracias a la adaptación de sus labios en forma de ventosa que le sirve para aferrarse a las rocas, se alimenta de insectos acuáticos bentónicos y material vegetal, es sensible a los cambios bruscos de temperatura, requiere aguas frías, con alta concentración de oxígeno disuelto y buena calidad físico química (Ortega Lara et al. 1999, 2000, 2002 citado en: Maldonado, 2005).

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.0	

<b>Taxonomía:</b> <b>Orden:</b> Siluriformes <b>Familia:</b> Astroblepidea <b>Género:</b> <i>Astroblepus</i> <b>Nombre común:</b> Baboso	<b>Puntos de Captura:</b> Quebrada La Culebra.
<b>Características:</b> Algunas especies de este género presentan unas manchas de color oscuro, grandes y densos en el dorso y una región ventrolateral pálida, el resto del cuerpo tiene una coloración que varía desde el amarillento, hasta muy pardo oscuro, presenta una denticulación dérmica característica en los barbillones maxilares en la margen rostral y en la parte dorsal y lateral de la cabeza. La aleta adiposa es reducida (Maldonado <i>et al</i> , 2005).	
<b>Biología y Ecología:</b> Esta especie es muy abundante en aguas frías, se encuentra por lo general en las partes altas y medias antes de llegar a la zona plana, en ríos que presentan buenas condiciones de calidad de agua y substrato, es una especie bentónica que prefiere los ríos y quebradas con alta pendiente, en donde hay turbulencia y corrientes fuertes. Se alimenta de insectos acuáticos bentónicos y material vegetal, es sensible a los cambios bruscos de temperatura, requiere aguas con alta concentración de oxígeno disuelto y buena calidad físico química (Maldonado <i>et al</i> , 2005).	
<b>Aspectos pesqueros</b>	
N. D.	
<b>Estado de Vulnerabilidad:</b>	
<b>UICN:</b> NO EVALUADO (NE) <b>Libro Rojos de Peces de Colombia:</b> No evaluado.	

Fuente: CIMA., 2016

	<b>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR</b> <b>CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA TÚNEL - SAN</b> <b>JERÓNIMO. UF 1 Y 3 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</b>	
	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	
	<b>VERSIÓN 0.0</b>	

#### **11.2.4.10.2 Ecosistemas Terrestres**

En el Capítulo 5.2 Medio biótico se presenta la caracterización de los ecosistemas terrestres encontrados en el área. Con base en las coberturas establecidas en dicha caracterización, se realizó un análisis cualitativo en el cual, de acuerdo al número de especies encontradas en el área y a la relevancia de las mismas, se asignó a cada cobertura una calificación de susceptibilidad a la afectación potencial en caso de presentarse una contingencia relacionada con el sistema de gestión de vertimientos. Los resultados se muestran en la **Tabla 11-21**.

**Tabla 11-21 Susceptibilidad de ecosistemas terrestres a la afectación por vertimientos**

COBERTURA DE LA TIERRA	CÓDIGO	ESPECIES										SUSCEPTIBILIDAD POR VERTIMIENTOS				INTERPRETACIÓN
		Registradas		Endémicas o casi endémicas		Amenazadas o casi amenazadas		Migratorias		De importancia económica o cultural		Susceptibilidad de la fauna por vertimientos				
		#	Valor	#Sp.	Valor	#Sp.	Valor	#Sp.	Valor	#Sp.	Valor	#Sp.	Valor			
Territorios artificializados	1.1/1.2	7	1	3	1	0	1	14	2	7	1	1,2	Muy bajo	Ninguna o pocas especies susceptibles a intervención por vertimientos		
Pastos	2.3	55	3	15	2	7	1	41	4	21	2	2,4	Bajo	Pocas especies susceptibles a intervención por vertimientos		
Áreas agrícolas heterogéneas	2.4	24	2	2	1	1	1	8	1	7	1	1,2	Bajo	Pocas especies susceptibles a intervención por vertimientos		
Bosques	3.1	78	5	34	4	20	2	52	5	36	4	4	Alto	Muchas especies susceptibles a intervención por vertimientos		
Áreas con vegetación herbácea y arbustiva	3.2	70	4	14	2	5	1	29	3	20	2	2,4	Medio	Número medio de especies susceptibles a intervención por vertimientos		
Aguas continentales	5.1	2	1	4	1	5	1	56	5	12	1	1,8	Bajo	Pocas especies susceptibles a intervención por vertimientos		

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2016)

Sp. = Especies



#### 11.2.4.11 Medio socioeconómico

Para el Estudio de Impacto Ambiental se consideran 2 puntos de vertimientos. En la Tabla 11-22 se presentan las quebradas y las veredas en las que se proponen dichos vertimientos.

**Tabla 11-22 Veredas y quebradas con vertimientos propuestos**

MUNICIPIO	NÚMERO	QUEBRADA	VEREDA
Medellín	1	Quebrada La Frisola	La Volcana - Guayabal
	2	Quebrada La Frisola	La Frisola
	3	Quebrada La Culebra	El Naranjal

Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

A continuación en la Tabla 11-23 se describen las veredas que del área de influencia del sistema de gestión de vertimientos:

**Tabla 11-23 Descripción de las veredas del área de influencia del sistema de gestión de vertimientos**

Municipio de Medellín
<p><b>La Frisola:</b> Tiene más o menos 48 años. Se conformó por la necesidad de atender y solucionar temas de mejoramiento de vivienda, caminos, escuela, acueducto.</p> <p>En esta vereda el servicio de acueducto es prestado por Acueducto veredal La China y tiene una cobertura del 100% (100 viviendas), las cuales pagan un aproximado de 10.300 pesos c/u. Este acueducto cuenta con bocatoma ubicada en el nacedero "La China", tanque de almacenamiento, conexión a red de distribución, desearenador, planta de tratamiento y micromedidores, toda esta infraestructura en muy buen estado y operando las 24 horas. La vereda no cuenta con servicio de alcantarillado por lo que tienen sistemas sépticos conectados a pozo séptico. El servicio de recolección de residuos sólidos es prestado por varias empresas de Medellín y tiene una cobertura aproximada del 50 % (50 viviendas) con un costo mensual cercano a los 13.000 pesos c/u, el resto de las casas procede a la quema de sus residuos.</p> <p>La vereda cuenta con telefonía fija y móvil pero no internet. El servicio de telefonía fija es prestado por UNE y tiene como usuarios al 50% de las viviendas y en telefonía móvil los operadores con cobertura son: Claro y Tigo. En la vereda no hay servicios de transporte público, pero eventualmente se cobra 6000 pesos por el recorrido hasta la cabecera municipal. La principal actividad productiva de la zona es la agropecuaria, la agricultura representa el 60% del mercado laboral en esta unidad territorial.</p> <p>La Junta de Acción Comunal tiene más o menos 48 años. Se conformó por la necesidad de atender y solucionar temas de mejoramiento de vivienda, caminos, escuela, acueducto.</p> <p><b>La Volcana - Guayabal:</b> Fue creada en 1917, se debe su nombre a La Quebrada La Volcana: Las primeras familias colonas fueron los Arroyave, Muñoz, Muñoz-Guerra y Muñoz-Pulgarín.</p>

En esta vereda el servicio de acueducto es prestado por Acueducto veredal Asovolcana y tiene una cobertura del 93% (158 viviendas), las cuales pagan un aproximado de 3000 pesos c/u. Este acueducto cuenta con bocatoma ubicada en la quebrada La Volcana, tanque de almacenamiento, conexión a red de distribución y desearenador, toda esta infraestructura en buen estado. La vereda no cuenta con servicio de alcantarillado por lo que tienen sistemas sépticos conectados a pozo séptico. En esta vereda cuentan con servicio de recolección de residuos sólidos prestado por la empresa Arecuperar con una cobertura aproximada del 100% (150 casas), las cuales reciben el servicio de manera gratuita, aunque también se presenta quema de residuos. Existen en la vereda alguna práctica de reciclaje que incluyen materiales como plástico, cartón, vidrio y papel.

El servicio de energía es provisto por EPM-Empresas Públicas de Medellín E.S.P. y cuenta con 100% de cobertura (170 viviendas) y opera las 24 horas del día sin problemas frecuentes, por lo que cada una paga mensualmente un aproximado de 60.000 pesos. La principal actividad productiva de la zona es la agrícola, que representa el 100% del mercado laboral en esta unidad territorial.

La Junta de Acción Comunal se creó en 1972, había un promotor a nivel municipal en la secretaría de Desarrollo Comunitario. El primer presidente Bertín Pulgarin y Efraín Bedoya. Se conformó para la creación de acueductos veredales (3 acueductos)

**El Naranjal:** Fue creada en el año 1926, Su nombre lo recibe dado que había mucho cultivo de naranja. Las primeras familias fueron los Arango y Gaviria. Hoy en día se destacan 6 familias numerosas: Ortiz, Cano, Velásquez, Uribe y Vásquez.

La principal actividad productiva de la zona es la agropecuaria, la agricultura representa el 90% del mercado laboral en esta unidad territorial.

La Junta de Acción Comunal se inició hace aproximadamente 40 años (1976), por medio de la cual se ha logrado mejorar la calidad de vida respecto temas sociales, acceso comunicación, educación y recreación, proyectos que se van requiriendo en la población. Se realiza por comités, contratos e intervención del municipio. Se reconoce al señor Nelson Velásquez como el fundador de la JAC.

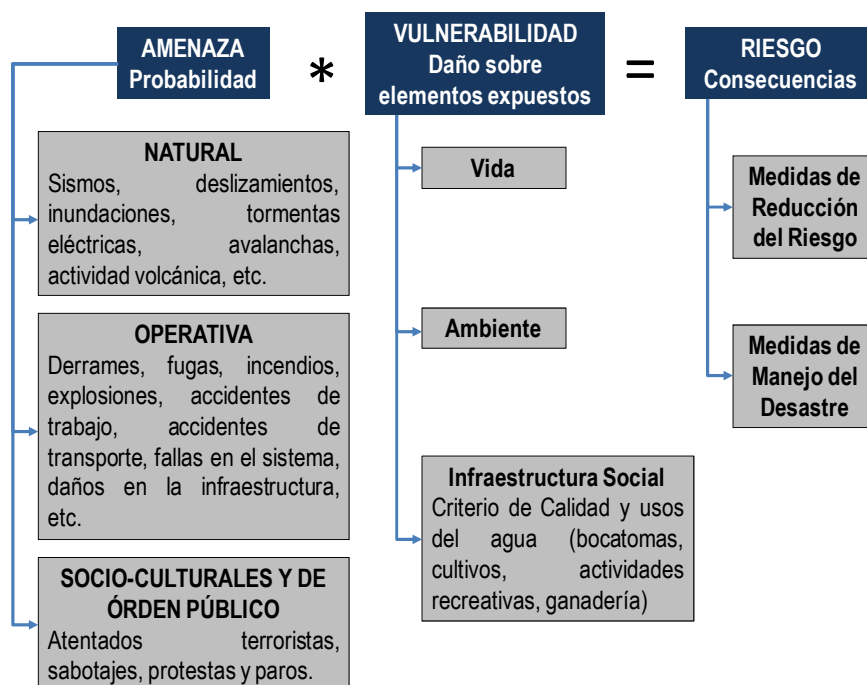
Fuente: Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

#### 11.2.4.12 Proceso de conocimiento del riesgo

El conocimiento del riesgo comprende la identificación de amenazas del medio hacia al proyecto y del proyecto hacia el medio, de los elementos expuestos a dichas amenazas y la interrelación entre las amenazas y los elementos vulnerables para determinar la afectación de los mismos en caso de manifestación de las amenazas.

De acuerdo al artículo 4º Ley 1523 de 2012: *“Es el modelo mediante el cual se relacionan la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades de ocurrencia. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de*

seguridad establecidos, con el propósito de definir los tipos de intervención y el alcance de la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta y la recuperación”. En la **Figura 11-9** se observa el esquema general para el desarrollo del análisis del riesgo.



**Figura 11-9 Esquema general para el análisis de riesgos**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., (2015) Tomado de la Resolución 1514 del 2012 por la cual se adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.

#### 11.2.4.13 Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza

Una amenaza se describe como la fuente de daño potencial o una situación con potencial para causar una pérdida (ICONTEC, 2004). A continuación se caracterizan las amenazas internas y externas del sistema de gestión de vertimientos.

##### 11.2.4.13.1 Amenazas Naturales del Área de Influencia

En el área de influencia del SGV, de acuerdo a la caracterización de la línea base, se identificaron las amenazas naturales listadas en la **Tabla 11-24**.

**Tabla 11-24 Amenazas naturales identificadas en el SGV**

AMENAZA	
1.	Sismicidad
2.	Licuación
3.	Avenida torrencial
4.	Inundación

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 11.2.4.13.2 Amenazas Operativas o Amenazas Asociadas a la Operación del Sistema de Gestión del Vertimiento

En la **Tabla 11-25** se listan las amenazas identificadas para el área de influencia del SGV con relación a la operación del proyecto.

**Tabla 11-25 Amenazas operativas identificadas en el SGV**

AMENAZA		ORIGEN
5.	Falla eléctrica	Sobretensión y picos eléctricos en la red (FirstEnergy Corp., 2014).
		Caídas en el voltaje de la red, o cortes eléctricos.
		Daño en algún equipo o elemento destinado a la generación, transporte o distribución de la electricidad.
		Desconexión voluntaria o involuntaria a la red eléctrica.
6.	Falla mecánica	Errores durante la construcción de la PTAR o en el acople de tuberías requeridas.
		Obstrucción de equipos o elementos del sistema por agentes externos al agua residual (mugre, plásticos, ramas, insectos, etc.), por reacciones del agua con los aditivos utilizados para su tratamiento (polímeros) o por adición involuntaria de mugre contenido en insumos utilizados para el tratamiento (mugre mezclado con la cal).
		Corrosión exterior, interior o fatiga de las piezas de los equipos utilizados para el transporte o tratamiento de las aguas residuales.
7.	Falla en la operación	Errores humanos en la operación debido a fatiga de los trabajadores, al desconocimiento de los procedimientos o a la omisión de los mismos y falta de recursos requeridos para la correcta operación del sistema.
8.	Colmatación de unidades receptoras y de tratamiento	Subdimensionar o sobredimensionar la infraestructura y equipos requeridos.
		Eventos aislados que sobrecargan el sistema de tratamiento.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

#### 11.2.4.13.3 Amenazas por Condiciones Socio-culturales y de Orden Público

En la **Tabla 11-26** se listan las amenazas identificadas para el área de influencia del SGV con relación a las condiciones socioculturales y de orden público en la zona.

**Tabla 11-26 Amenazas socioculturales y de orden público identificadas en el SGV**

AMENAZA		DESCRIPCIÓN
9.	<b>Suspensión de la operación por conflictos sociales</b>	Asociados a interrupciones en la continuidad de las operaciones del tratamiento de las aguas residuales debido a conflictos con la comunidad.
10.	<b>Daño y/o pérdida del sistema por orden público</b>	Asociados principalmente a sabotajes a la infraestructura de transporte, tratamiento o disposición final de las aguas tratadas, o a la pérdida de elementos debido a delincuencia común.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2015)

#### 11.2.4.14 Consolidación de los escenarios de riesgo

Los escenarios de riesgo se pueden definir como la probabilidad de manifestación de una amenaza durante el desarrollo de las actividades propias de la operación del Sistema de Gestión del Vertimiento, dicha manifestación tiene el potencial de generar impactos ambientales, económicos o sociales.

Para la consolidación de los escenarios de riesgo, se elaboró una matriz de doble entrada en la cual se plasmaron en el eje horizontal las amenazas identificadas de acuerdo a la caracterización realizada y en el eje vertical las actividades a desarrollar en el transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de las aguas provenientes del sistema. Los escenarios identificados se muestran resaltados en la **Tabla 11-27**.

**Tabla 11-27 Consolidación de los escenarios de riesgo**

ACTIVIDADES		AMENAZAS									
		NATURALES				OPERATIVAS				SOCIOCULTURALES Y DE ORDEN PÚBLICO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Sismicidad	Licuación	Avenida Torrencial	Inundación	Falla eléctrica	Falla mecánica	Falla en la operación	Colmatación de unidades receptoras y de tratamiento	Suspensión de la operación por conflictos sociales	Daño y/o pérdida del sistema por orden público
A	Arranque del sistema de tratamiento de (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	Transporte desde el punto de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
C	Almacenamiento y tratamiento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
D	Bombeo – Despacho	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
E	Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
F	Mantenimiento de unidades tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2015)



## PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LAS AMENAZAS

Para determinar la probabilidad de ocurrencia de las amenazas se utilizó como base la caracterización abiótica y socioeconómica desarrollada para el área de estudio. Adicionalmente se utilizó bibliografía secundaria como los reportes detallados de emergencias publicados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2014). En la **Tabla 11-28** se observan las calificaciones dadas a cada una de las amenazas establecidas.

**Tabla 11-28 Probabilidad de ocurrencia de las amenazas**

AMENAZA		PROBABILIDAD		
Amenazas naturales identificadas en el SGV				
1.	Sismicidad	2	Baja	Remoto
2.	Licuación	3	Media	Probable
3.	Avenida Torrencial	4	Alta	Ocasional
4.	Inundación	2	Baja	Ocasional
Amenazas operativas identificadas en el SGV				
6	Falla eléctrica	4	Alta	Probable
6	Falla mecánica	3	Media	Ocasional
7	Falla en la operación	2	Baja	Remoto
8	Colmatación de unidades receptoras y de tratamiento	2	Baja	Remoto
Amenazas socioculturales y de orden público identificadas en el SGV				
9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	Muy Baja	Improbable
10	Daño y/o pérdida del sistema por orden público	1	Muy Baja	Improbable

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2015)

### 11.2.4.15 Identificación y análisis de vulnerabilidad

En la **Tabla 11-29** se muestran los niveles de consecuencia o vulnerabilidad asignados a las lesiones personales, daño ambiental, pérdidas económicas, pérdidas materiales e imagen para cada uno de los escenarios de riesgo identificados.

**Tabla 11-29 Calificación del nivel de vulnerabilidad**

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	VULNERABILIDAD							
			nes	Pers	Amb	ienta	das	Mate	Imag	en
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A1	Sismicidad	1		2		1		1	
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A2	Licuación	3		3		1		1	
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A5	Falla eléctrica	1		1		1		1	
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A6	Falla mecánica	1		2		1		1	
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A7	Falla en la operación	1		2		1		1	
Transporte desde el punto de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)	B2	Licuación	1		1		1		1	
Transporte desde el punto de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)	B5	Falla eléctrica	1		3		1		3	
Almacenamiento y tratamiento	C1	Sismicidad	1		3		1		3	
Almacenamiento y tratamiento	C2	Licuación	1		3		1		3	
Almacenamiento y tratamiento	C5	Falla eléctrica	1		3		1		1	
Almacenamiento y tratamiento	C6	Falla mecánica	1		3		1		1	
Almacenamiento y tratamiento	C7	Falla en la operación	1		2		1		1	
Almacenamiento y tratamiento	C8	Colmatación de unidades receptoras y de tratamiento	1		2		2		3	
Bombeo – Despacho	D2	Licuación	1		1		1		1	
Bombeo – Despacho	D3	Avenida Torrencial	1		3		1		2	
Bombeo – Despacho	D4	Inundación	1		1		1		1	
Bombeo – Despacho	D5	Falla eléctrica	1		1		1		1	
Bombeo – Despacho	D6	Falla mecánica	1		1		1		2	
Bombeo – Despacho	D7	Falla en la operación	1		1		1		2	
Bombeo – Despacho	D9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1		1		1		1	
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E2	Licuación	1		3		1		3	
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E5	Falla eléctrica	1		1		1		1	
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E6	Falla mecánica	5		1		1		2	
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E7	Falla en la operación	1		1		1		2	

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	VULNERABILIDAD				
			nes Pers	Amb ienta	das Mate	Imag en	
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	<b>E9</b>	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	1	2	3	
Mantenimiento de unidades tratamiento	<b>F5</b>	Falla eléctrica	5	1	1	1	
Mantenimiento de unidades tratamiento	<b>F7</b>	Falla en la operación	1	3	2	3	
Mantenimiento de unidades tratamiento	<b>F9</b>	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	1	1	1	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2016)

La vulnerabilidad se analizó relacionando las consecuencias que podría generar la manifestación de cada una de las amenazas sobre las personas, el ambiente, las pérdidas materiales o económicas y la imagen de la compañía para cada etapa establecida.

Se observa que la mayoría de relaciones corresponden a la categoría de consecuencias muy bajas; esto por qué el volumen y contenido de carga contaminante de las aguas residuales no será significativo.

La imagen de la compañía se puede ver afectada en procesos de vertimientos controlados y no controlados del agua no tratada o inclusive del agua a la cual ya se le ha realizado un tratamiento; esto principalmente por la percepción negativa de las comunidades en relación al desarrollo del proyecto.

Vertimientos no controlados de agua residual ya tratada se consideraron poco impactantes en el ambiente debido a que el agua ya tendría los parámetros de vertimiento exigidos por la ley.

#### ➤ NIVEL DE AMENAZA

Para obtener el nivel de amenaza se aplicó la Ecuación 11.1 Estimación del nivel de amenaza utilizando los valores de probabilidad (**Tabla 11-28**) y vulnerabilidad (**Tabla 11-29**) estimados. Los resultados se categorizaron de acuerdo a la **Tabla 11-4** y se muestran a continuación:

**Tabla 11-30 Nivel de amenaza**

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	PROBABILIDAD	VULNERABILIDAD					NIVEL DE AMENAZA			
				Lesiones Personales	Daño Ambiental	Pérdidas Materiales	Imagen		CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A1	Sismicidad	2	1	2	1	1		Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A2	Licuación	3	3	3	1	1		Medio	Medio	Bajo	Bajo
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A5	Falla eléctrica	4	1	1	1	1		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A6	Falla mecánica	3	1	2	1	1		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A7	Falla en la operación	2	1	2	1	1		Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	PROBABILIDAD	VULNERABILIDAD					NIVEL DE AMENAZA			
				Lesiones Personales	Daño Ambiental	Pérdidas Materiales	Imagen		CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA
Transporte desde el punto de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)	B2	Licuación	3	1	1	1	1		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Transporte desde el punto de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)	B5	Falla eléctrica	4	1	3	1	3		Bajo	Medio	Bajo	Medio
Almacenamiento y tratamiento	C2	Licuación	3	1	3	1	3		Bajo	Medio	Bajo	Medio
Almacenamiento y tratamiento	C5	Falla eléctrica	4	1	3	1	1		Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Almacenamiento y tratamiento	C6	Falla mecánica	3	1	3	1	1		Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Almacenamiento y tratamiento	C7	Falla en la operación	2	1	2	1	1		Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Bombeo – Despacho	D2	Licuación	0	1	1	1	1		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Bombeo – Despacho	D4	Inundación	0	1	1	1	1		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	PROBABILIDAD	VULNERABILIDAD					NIVEL DE AMENAZA			
				Lesiones Personales	Daño Ambiental	Pérdidas Materiales	Imagen		CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA
Bombeo – Despacho	D5	Falla eléctrica	4	1	1	1	1		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bombeo – Despacho	D6	Falla mecánica	3	1	1	1	2		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bombeo – Despacho	D7	Falla en la operación	2	1	1	1	2		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo
Bombeo – Despacho	D9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	1	1	1	1		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E2	Licuefacción	3	1	3	1	3		Bajo	Medio	Bajo	Medio
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E5	Falla eléctrica	4	1	1	1	1		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E6	Falla mecánica	3	5	1	1	2		Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E7	Falla en la operación	2	1	1	1	2		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	1	1	2	3		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo



ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	PROBABILIDAD	VULNERABILIDAD D					NIVEL DE AMENAZA			
				Lesiones Personales	Daño Ambiental	Pérdidas Materiales	Imagen		CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA
Mantenimiento de unidades tratamiento	F7	Falla en la operación	2	1	3	2	3		Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Mantenimiento de unidades tratamiento	F9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	1	1	1	1		Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2016)

### ➤ NIVEL DE EXPOSICIÓN

El nivel de exposición de los elementos vulnerables a las amenazas determina finalmente el nivel de riesgo para cada uno de los escenarios. De acuerdo a los parámetros establecidos en la **Tabla 11-5**, en la **Tabla 11-31** se presentan los resultados obtenidos para la valoración de la exposición con relación a cada amenaza.

**Tabla 11-31 Valoración del nivel de exposición**

AMENAZA		EXPOSICIÓN	
		Categoría	Descripción
<b>Amenazas naturales identificadas en el SGV</b>			
1	Sismicidad	4 Permanente	Este evento amenazante puede presentarse durante cualquier etapa de la operación del Sistema de Gestión de Vertimientos; por ende puede afectar la infraestructura (generando vertimientos no controlados), el ambiente y la imagen corporativa. Se clasifica como exposición permanente no por la manifestación diaria de la amenaza, sino porque de presentarse un sismo, los elementos del sistema inevitablemente se verían expuestos a la amenazas.
2	Licuación	4 Permanente	Este evento amenazante puede presentarse durante cualquier etapa de la operación del Sistema de Gestión de Vertimientos; por ende puede afectar la infraestructura (generando vertimientos no controlados), el ambiente y la imagen corporativa. Se clasifica como exposición permanente no por la manifestación diaria de la amenaza, sino porque de presentarse un proceso de licuación, los elementos del

AMENAZA		EXPOSICIÓN		
		Categoría		Descripción
				sistema inevitablemente se verían expuestos a la amenazas
3	Avenida Torrencial	1	Esporádico	Las avenidas torrenciales se relacionan directamente con los periodos de lluvias; por esta razón se considera que por mucho la exposición de los elementos vulnerables a esta amenaza será esporádica.
4	Inundación	1	Esporádico	Se estima que este tipo de evento sea poco probable en la zona.
Amenazas operativas identificadas en el SGV				
5	Falla eléctrica	2	Ocasional	Los equipos eléctricos del SGV se operarán de forma frecuente, sin embargo no se espera que su operación sea de 24 horas; adicionalmente se reducirá la manifestación del evento dado mantenimientos periódicos.
6	Falla mecánica	2	Ocasional	Las fallas mecánicas se presentarán en la medida en la que se operen los equipos del SGV; Arzuaga Salazar & Gutiérrez Castillo (2004) demostraron una relación directa entre las horas de operación de los equipos y la manifestación de fallas mecánicas en los mismos.
7	Falla en la operación	3	Frecuente	Las fallas en la operación debido al desconocimiento de los procedimientos, a la omisión de los mismos o a errores humanos estarán sujetas a la operación del SGV; por lo tanto se espera que este tipo de falla se pueda presentar de forma frecuente si no se realizan los procesos de formación, control y seguimiento adecuados.
8	Colmatación de unidades receptoras y de tratamiento	1	Esporádico	Se considera que esta amenaza se presentaría de forma esporádica debido a que desde la concepción del sistema de tratamiento se dimensionarían los parámetros teniendo presente a manifestación de eventos contingentes.
Amenazas socioculturales y de orden público identificadas en el SGV				
9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	1	Esporádico	En cualquier momento la comunidad puede generar conflicto con las actividades propias del proyecto. Sin embargo, dado que la magnitud del sistema de tratamiento no es representativa y que el mismo se encontrará dentro de áreas custodiadas, se espera que la exposición de los elementos vulnerables a esta amenaza sea esporádica.
10	Daño y/o pérdida del sistema por orden público	1	Esporádico	En la zona no se han presentado este tipo de eventos relacionados con el SGV, sin embargo a nivel nacional estos eventos pueden presentarse, por lo tanto se espera que de presentarse sea de forma esporádica.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2016)

➤ VALORACIÓN DEL RIESGO

Para desarrollar la valoración del riesgo, se tuvieron presente los criterios establecidos en la **Tabla 11-6** de acuerdo a los niveles de amenaza y factores de vulnerabilidad. En la **Tabla 11-32** se presentan los resultados de dicha valoración.

**Tabla 11-32 Resultados de la valoración del riesgo**

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	NIVEL DE AMENAZA				EXPOSICIÓN	NIVEL DE RIESGO			
			CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA		CATEGORÍA Lesiones Personales	CATEGORÍA Daño Ambiental	CATEGORÍA Pérdidas Materiales	CATEGORÍA Imagen
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A1	Sismicidad	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	4	MB	B	MB	MB
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A2	Licuación	Medio	Medio	Bajo	Bajo	4	M	M	B	B
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A5	Falla eléctrica	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	2	MB	MB	MB	MB
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A6	Falla mecánica	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	2	MB	MB	MB	MB
Arranque del sistema de tratamiento (pruebas de estanqueidad, hidrostáticas, eléctricas)	A7	Falla en la operación	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	3	MB	B	MB	MB
Transporte desde el punto	B2	Licuación	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	4	B	B	B	B

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	NIVEL DE AMENAZA				EXPOSICIÓN	NIVEL DE RIESGO			
			CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA		CATEGORÍA Lesiones Personales	CATEGORÍA Daño Ambiental	CATEGORÍA Pérdidas Materiales	CATEGORÍA Imagen
de generación hasta el sistema de tratamiento (líneas de conducción)											
Almacenamiento y tratamiento	C2	Licucción	Bajo	Medio	Bajo	Medio	4	B	M	B	M
Almacenamiento y tratamiento	C5	Falla eléctrica	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	2	MB	B	MB	MB
Almacenamiento y tratamiento	C6	Falla mecánica	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	2	MB	B	MB	MB
Almacenamiento y tratamiento	C7	Falla en la operación	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	3	MB	B	MB	MB
Bombeo – Despacho	D2	Licucción	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	4	MB	MB	MB	MB
Bombeo – Despacho	D4	Inundación	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	1	MB	MB	MB	MB
Bombeo – Despacho	D5	Falla eléctrica	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	2	MB	MB	MB	MB
Bombeo – Despacho	D6	Falla mecánica	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	2	MB	MB	MB	MB
Bombeo – Despacho	D7	Falla en la operación	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	3	MB	MB	MB	B
Bombeo – Despacho	D9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	1	MB	MB	MB	MB
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E2	Licucción	Bajo	Medio	Bajo	Medio	4	B	M	B	M
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E5	Falla eléctrica	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	2	MB	MB	MB	MB
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E6	Falla mecánica	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	2	B	MB	MB	MB
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E7	Falla en la operación	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	3	MB	MB	MB	B

ACTIVIDAD	ESCENARIO	AMENAZA	NIVEL DE AMENAZA				EXPOSICIÓN	NIVEL DE RIESGO			
			CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA	CATEGORÍA		CATEGORÍA Lesiones Personales	CATEGORÍA Daño Ambiental	CATEGORÍA Pérdidas Materiales	CATEGORÍA Imagen
Disposición final (cuerpos de agua superficial)	E9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	1	MB	MB	MB	MB
Mantenimiento de unidades tratamiento	F7	Falla en la operación	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	3	MB	B	B	B
Mantenimiento de unidades tratamiento	F9	Suspensión de la operación por conflictos sociales	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	1	MB	MB	MB	MB

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, (2016)

No se identificó ningún escenario de riesgo bajo las categorías Muy Alto o Alto; se identificó un (1) escenario en el cual se podría presentar un nivel de riesgo medio con relación a lesiones personales, correspondiendo este escenario al Arranque del sistema de las unidades de tratamiento por fenómenos de licuación.

Con relación al daño ambiental se identificaron tres escenarios en los cuales se podría presentar un nivel de riesgo medio, correspondiendo a los escenarios del Arranque del sistema de tratamiento, Almacenamiento y tratamiento y la disposición final, asociados a fenómenos de licuación.

Para las pérdidas económicas no se identificó ningún escenario bajo las categorías de riesgo Muy Alto, Alto, o Medio.

Con relación a la Imagen, se identificaron dos escenarios en los cuales se podría presentar un nivel de riesgo medio, correspondiendo a los escenarios del Arranque del sistema de tratamiento y la disposición final, asociados a fenómenos de licuación.

#### 11.2.4.16 Proceso de reducción del riesgo asociado al sistema de gestión del vertimiento

La reducción del riesgo comprende la implementación de estrategias y la ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo existente. En muchas

circunstancias no es posible, ni factible, controlar totalmente el riesgo existente, sin embargo puede ser reducido a niveles aceptables (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012):

Las estrategias de reducción de riesgos se basan en dos tipos de medidas (ARPEL, 1998):

1. Medidas para reducir la probabilidad de los incidentes: Dentro de estas se presentan generalmente cuatro (4) alternativas que se pueden abordar: diseño adecuado del sistema de gestión de vertimientos, desarrollo de procedimientos estándar para la correcta operación del sistema, capacitación al personal y mantenimiento preventivo.
2. Medidas para reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos: buscan reducir las consecuencias de las amenazas sobre los elementos vulnerables. En el marco de estas se encuentran los procesos de capacitación, la planificación de las contingencias y el desarrollo de medidas que modifican el riesgo.

Para el PGRMV se desarrollaron medidas de tipo estructural y de tipo no estructural con el fin de prevenir, evitar, corregir y controlar los riesgos. Las medidas estructurales hacen referencia a la modificación del riesgo a través de la intervención física de la amenaza y la vulnerabilidad generalmente mediante medidas de ingeniería. Las medidas no estructurales hacen referencia a la definición de políticas, acciones de información, capacitación, conformación y entrenamiento de equipos para la respuesta a las emergencias entre otras.

**Tabla 11-33 Medida de prevención orientada a la Capacitación y formación para el adecuado funcionamiento del SGV**

CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO DEL SGV				
<b>1. IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO</b>				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL				
DIRECCIÓN		VEREDA		MUNICIPIO
DEPARTAMENTO		REPRESENTANTE LEGAL		
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE REDUCCIÓN DEL RIESGO</b>				
FECHA DE ELABORACIÓN	30/09/2016	TIPO DE MEDIDA	Estructural (___)	No estructural ( <u>X</u> )
OBJETIVO	Prevenir vertimientos de aguas residuales tratadas, no tratadas o aún en tratamiento que no cumplan con los requerimientos de ley establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o las normas que sustituyan el mismo debido a fallas en la operación del sistema.			
METAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar el 100% del personal que laborará directamente en la administración, operación y mantenimiento del Sistema de Gestión de Vertimientos en temas relacionados a sus funciones, responsabilidades y los impactos ambientales y sociales que podrían derivarse de la omisión de los procedimientos establecidos para la operación del sistema.</li> <li>• Entrenar el 100% del personal encargado de la atención de emergencias sobre los procedimientos y acciones a ejecutar en caso de manifestarse una emergencia relacionada al SGV.</li> </ul>			
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN PROPUESTA</b>				



### CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO DEL SGV

La empresa deberá, de no estar incluido en el plan de capacitación, desarrollar las siguientes temáticas con el personal involucrado en la administración, operación y mantenimiento del SGV:

- Capacitación en la operación del sistema de gestión de vertimiento.
  - Equipos mecánicos.
  - Equipos eléctricos.
  - Insumos utilizados y su adecuado manejo.
- Capacitación de brigadas para la atención de emergencias relacionadas con el SGV.
- Divulgación del Plan de Contingencias de la facilidad y su empalme con el SGV a los operarios encargados del mismo.
- Se deberán identificar las entidades de apoyo relacionadas con el SGV y se deberá informar a las mismas sobre el plan de emergencias relacionado al SGV.

<b>RESPONSABLE</b>	Grupo HSEQ	<b>PLAZO PARA LA EJECUCIÓN</b>	Previo al arranque del sistema de gestión de vertimientos y durante su operación.
--------------------	------------	--------------------------------	---

### ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

La implementación de las medidas propuestas en la presente ficha se realizará mediante talleres de formación y la ejecución de simulacros, en la medida en que estos se articulen a los definidos para la prevención y atención de emergencias.

MECANISMOS DE SEGUIMIENTO	INDICADORES DE SEGUIMIENTO
Seguimiento a los Programas de Capacitación Realizados.	$\frac{\text{Talleres Realizados}}{\text{Talleres Programados}} \times 100$
Conformación de brigadas	¿Existen responsabilidades específicas para la atención de emergencias relacionadas al SGV? SI ____ No ____
Elaboración de Simulacros	¿Se elaboraron simulacros relacionados a emergencias en el SGV? SI ____ No ____
Seguimiento a la divulgación con las entidades de apoyo	$\frac{\text{Entidades de Apoyo Informadas}}{\text{Entidades de Apoyo Identificadas}} \times 100$

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

**Tabla 11-34 Medida de prevención orientada al desarrollo de mantenimientos e inspección de los componentes del SGV**

MANTENIMIENTOS DEL SGV				
1. IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL				
DIRECCIÓN		VEREDA		MUNICIPIO
DEPARTAMENTO		REPRESENTANTE LEGAL		
2. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE REDUCCIÓN DEL RIESGO				
FECHA DE ELABORACIÓN	09/30/2016	TIPO DE MEDIDA	Estructural ( <u>X</u> )	No estructural (___)
OBJETIVO	Prevenir vertimientos de aguas residuales tratadas, no tratadas o aún en tratamiento que no cumplan con los requerimientos de ley establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o las normas que sustituyan el mismo debido a fallas mecánicas o eléctricas en el sistema.			
METAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el 95% de los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricantes de</li> </ul>			

MANTENIMIENTOS DEL SGV			
	los equipos o los manuales operacionales entregados por los constructores del sistema de tratamiento.		
	<ul style="list-style-type: none"><li>Realizar inspecciones periódicas a los componentes del SGV.</li></ul>		
DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN PROPUESTA			
<ul style="list-style-type: none"><li>Elaborar un cronograma de mantenimientos de acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos y al manual de operaciones del sistema de tratamiento de aguas residuales, incluyendo el sistema eléctrico. Se deberán tener en cuenta entre estos:<ul style="list-style-type: none"><li>Sistema eléctrico: Unidades de generación eléctrica que suministran energía a los equipos del SGV, incluyendo los componentes del sistema (transformadores, barrajes, líneas, conexiones).</li><li>Unidades de tratamiento y pretratamiento.</li><li>Unidades de bombeo.</li><li>Unidades de almacenamiento.</li><li>Equipos para la disposición final de las aguas residuales.</li><li>Revisión del acople de las líneas de flujo utilizadas para el transporte de las aguas residuales, tratadas y no tratadas, de requerirse.</li></ul></li><li>Desarrollar monitoreos de las aguas residuales previo al tratamiento y luego del tratamiento con el fin de verificar la remoción de sólidos suspendidos y el cumplimiento de los parámetros de vertimiento de acuerdo al Decreto 1594 de 1984, o el que lo sustituya.</li></ul>			
RESPONSABLE	Grupo HSEQ	PLAZO PARA LA EJECUCIÓN:	Durante la operación del SGV.
ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN			
Se desarrollará el esquema de mantenimientos de acuerdo a las especificaciones técnicas. En el organigrama de la empresa encargada de la operación se deberá establecer claramente el personal responsable por la gestión requerida para el desarrollo de los mantenimientos y las responsabilidades del mismo.			
Los mantenimientos realizados se deberán registrar en el formato que sea designado para tal fin y se deberá reportar cualquier anomalía en el sistema al profesional correspondiente.			
CRONOGRAMA			
MES	El cronograma se desarrollará con base en los mantenimientos establecidos por los manuales técnicos de los equipos y por el manual de operación del sistema.		
MECANISMOS DE SEGUIMIENTO		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	
Seguimiento a los mantenimientos realizados		$\frac{\text{Mantenimientos Realizados}}{\text{Mantenimientos Programados}} \times 100$	
Agua residual tratada		$\frac{\text{litros/segundo Aguas residuales tratadas}}{\text{litros/segundo Aguas residuales que ingresan al Sistema}} \times 100$	
Inspecciones de los componentes del SGV		$\frac{\text{Inspecciones Realizadas}}{\text{Inspecciones Programadas}} \times 100$	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

Las fichas establecidas en el presente plan deberán ser revisadas y ajustadas, de ser el caso, en el momento en el que se construya el Sistema de Gestión de Vertimiento por la empresa/s contratista/s.

#### 11.2.4.17 Proceso de manejo del desastre

La planificación de la respuesta a desastres y eventos contingentes permite que la organización esté preparada para atender una situación de emergencia que se presente, y en

este caso en particular, la relacionada con el Sistema de Gestión de Vertimientos. La preparación abarca la gestión de recursos humanos y financieros, la disponibilidad de suministros de emergencia y el desarrollo de los procedimientos de comunicación (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2008).

De acuerdo al Plan Nacional Contra Derrames de Hidrocarburos Derivados y Sustancias Nocivas (Adoptado por el Decreto 321 de 1999), la preparación para la respuesta se compone de:

*El Plan Estratégico contiene la filosofía, los objetivos, el alcance del Plan, su cobertura geográfica, organización, asignación de responsabilidades y los niveles de respuesta.*

*El Plan Operativo establece los procedimientos básicos de la operación y define las bases y mecanismos de notificación, organización, funcionamiento y apoyo del plan.*

*El Plan Informático establece los requerimientos en términos de manejo de información y equipos, a fin de que los planes estratégicos y operativos sean eficientes.*

#### 11.2.4.18 Preparación de la respuesta

Los lineamientos para la respuesta del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimiento son los mismos lineamientos definidos en el Plan de Contingencia del presente estudio de impacto ambiental. Dichos lineamientos se describen en el Capítulo 11.

#### 11.2.4.19 Preparación de la recuperación pos desastre

En este ítem se definen de manera general las acciones a desarrollar, en relación con los efectos que se puedan ocasionar sobre el recurso suelo, agua y sus recursos hidrobiológicos, y los efectos sobre la población usuaria de la misma.

En el caso de manifestarse un evento amenazante, se deberán analizar, de acuerdo a la evaluación de daños, las acciones a desarrollar para afrontar la situación posdesastre. En la **Tabla 11-35** se presentan los lineamientos básicos para la preparación recuperación posdesastre.

**Tabla 11-35 Preparación básica para la recuperación posdesastre**

RECURSO	DESCRIPCIÓN
Suelo asociado a un acuífero	De presentarse un vertimiento no controlado de agua residual en suelo, se deberán realizar los monitoreos correspondientes para determinar los parámetros de calidad del agua vertida y los procedimientos requeridos para realizar el procesos de descontaminación y limpieza. En la <b>Tabla 11-36</b> se presenta las medidas o tratamientos enfocados a la recuperación

RECURSO	DESCRIPCIÓN																																				
	<p>del suelo, se determinan los tratamientos que aplican exclusivamente para un tipo de agua residual (doméstica o industrial), y aquellos que aplican para los dos.</p> <p><b>Tabla 11-36 Técnicas de recuperación de suelos contaminados por aguas residuales</b></p> <table><tr><th>TRATAMIENTO</th><th>LUGAR DE APLICACIÓN</th><th>CONTAMINANTES TRATADOS</th><th>CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</th></tr><tr><td>Barreras físicas</td><td><i>in situ</i></td><td>Contaminantes orgánicos e inorgánicos</td><td>Domésticas</td></tr><tr><td>Enmiendas</td><td><i>in situ</i></td><td>Metales pesados, compuestos orgánicos, sales</td><td>Domésticas y/o industriales</td></tr><tr><td>Compostaje</td><td><i>in situ</i></td><td>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</td><td>Domésticas y/o industriales</td></tr><tr><td>Biodegradación</td><td><i>in situ</i></td><td>Contaminantes orgánicos, metales</td><td>Domésticas y/o industriales</td></tr><tr><td>Fitorremediación</td><td><i>in situ</i></td><td>Metales, pesticidas, disolventes, hidrocarburos del petróleo</td><td>Industriales</td></tr><tr><td>Estabilización/solidificación</td><td><i>in situ</i></td><td>Metales pesados, materiales radiactivos</td><td>Industriales</td></tr><tr><td>Lavado de suelos</td><td><i>in situ</i></td><td>Metales, derivados del petróleo, COV, plaguicidas</td><td>Domésticas y/o industriales</td></tr><tr><td>Bioventing</td><td><i>in situ</i></td><td>Hidrocarburos derivados del petróleo, disolventes no clorados, algunos pesticidas, otros compuestos orgánicos</td><td>Industriales</td></tr></table> <p>Fuente: Ortiz et al, 2010.</p>	TRATAMIENTO	LUGAR DE APLICACIÓN	CONTAMINANTES TRATADOS	CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	Barreras físicas	<i>in situ</i>	Contaminantes orgánicos e inorgánicos	Domésticas	Enmiendas	<i>in situ</i>	Metales pesados, compuestos orgánicos, sales	Domésticas y/o industriales	Compostaje	<i>in situ</i>	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Domésticas y/o industriales	Biodegradación	<i>in situ</i>	Contaminantes orgánicos, metales	Domésticas y/o industriales	Fitorremediación	<i>in situ</i>	Metales, pesticidas, disolventes, hidrocarburos del petróleo	Industriales	Estabilización/solidificación	<i>in situ</i>	Metales pesados, materiales radiactivos	Industriales	Lavado de suelos	<i>in situ</i>	Metales, derivados del petróleo, COV, plaguicidas	Domésticas y/o industriales	Bioventing	<i>in situ</i>	Hidrocarburos derivados del petróleo, disolventes no clorados, algunos pesticidas, otros compuestos orgánicos	Industriales
TRATAMIENTO	LUGAR DE APLICACIÓN	CONTAMINANTES TRATADOS	CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES																																		
Barreras físicas	<i>in situ</i>	Contaminantes orgánicos e inorgánicos	Domésticas																																		
Enmiendas	<i>in situ</i>	Metales pesados, compuestos orgánicos, sales	Domésticas y/o industriales																																		
Compostaje	<i>in situ</i>	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Domésticas y/o industriales																																		
Biodegradación	<i>in situ</i>	Contaminantes orgánicos, metales	Domésticas y/o industriales																																		
Fitorremediación	<i>in situ</i>	Metales, pesticidas, disolventes, hidrocarburos del petróleo	Industriales																																		
Estabilización/solidificación	<i>in situ</i>	Metales pesados, materiales radiactivos	Industriales																																		
Lavado de suelos	<i>in situ</i>	Metales, derivados del petróleo, COV, plaguicidas	Domésticas y/o industriales																																		
Bioventing	<i>in situ</i>	Hidrocarburos derivados del petróleo, disolventes no clorados, algunos pesticidas, otros compuestos orgánicos	Industriales																																		
Agua y sus recursos hidrobiológicos	<p>Cuando se construya en sitio el sistema de gestión de vertimiento, se pueden establecer para la atención y recuperación posdesastre, los siguientes elementos:</p> <p>Evaluar, y de ser necesario, redefinir las líneas de acción para la atención emergencias</p> <p>De presentarse el cruce de líneas de flujo de agua residual sobre cuerpos de agua, se deberá identificar las medidas de protección a comunidades y acueductos aguas abajo de las posibles rutas de derrame.</p> <p>De presentarse el cruce de líneas de flujo de agua residual sobre cuerpos de agua, definir y mantener actualizada la base de datos requerida para activar los mecanismos de alerta a los acueductos aguas abajo de los potenciales puntos de derrame, con el fin de cerrar bocatomas de ser necesario.</p> <p>Durante todo el proceso de la atención de emergencias, se deberán realizar monitoreos de calidad del agua y registrar los resultados con el fin de evaluar la evolución de los parámetros de calidad de agua.</p>																																				

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

#### 11.2.4.19.1 Evaluación de daños y análisis de necesidades

La evaluación de daños y análisis de necesidades surge cómo una guía para la evaluación de las consecuencias de la manifestación de amenazas en un área. La guía fue propuesta por la Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para Desastres en el Extranjero (USAID/OFDA) con el fin de efectuar, en la medida de lo posible, evaluaciones objetivas relacionadas a los daños, necesidades y acciones de respuesta en caso de una emergencia; así mismo, contiene una guía referente al empleo de técnicas de recolección de datos y análisis e interpretación de la información georeferenciada (Office of Foreign Disaster Assistance, United States Agency for International Development, 2008).

Las principales características de esta metodología para el análisis general e inicial se presentan a continuación en la **Tabla 11-37**. La información presentada en dicha tabla fue tomada del documento Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN), Manual de Campo (USAID, 2008).

Sin embargo, se resalta que la compañía contratista podrá ejecutar la metodología que desee para evaluar los daños generados en una contingencia relacionada con el Sistema de Gestión de Vertimientos.

**Tabla 11-37 Principales características de las EDAN**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	
Objetivo	<p>Estimar: Efectos directos de la manifestación de una amenaza sobre el sistema. Efectos probables colaterales o secundarios que puedan requerir una acción decidida e inmediata por parte de quienes se encuentran a cargo de la situación.</p>	
Tipos de Evaluación	Alcance	General: “consiste en una valoración global de las circunstancias; permite apreciar integralmente las consecuencias del evento, hacer un análisis de las necesidades y proponer acciones prioritarias dentro de la mayor objetividad posible”.
		Específica: “se basa en un detallado análisis de los daños ocasionados por el evento. Se efectúa por cada sector, con la participación de profesionales y especialistas, el empleo de métodos específicos y el tiempo que sea necesario”.
	Momento	Inicial: “se efectúa en el post-evento inmediato (primeras 72 horas). Permite un conocimiento amplio del impacto del desastre, afectación en salud, líneas vitales (agua, energía, alcantarillado, comunicaciones, transportes, gas), vivienda y edificios públicos. Estima el tipo de ayuda prioritaria y detecta puntos críticos para la rehabilitación y reconstrucción”.
		Intermedia: “registra la evolución de la situación en forma continua, a través de sus efectos directos e indirectos. Culmina con la evaluación final”.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	<i>Final, “reúne todas las evaluaciones descritas anteriormente, es decir: diagnóstico inicial de la situación, evolución de las apreciaciones, a través de una visión global y una profundización sectorial. Este tipo de evaluaciones constituyen verdaderos “Estudios de Caso”, materiales de inmenso valor para capacitación y planificación”.</i>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015), adaptado de USAID, 2008.

La documentación del proceso realizado para la evaluación de daños y análisis de necesidades se puede desarrollar de acuerdo a los formatos y procedimientos establecidos por la compañía para las facilidades específicas.

Sin embargo, la resolución 1514 de 2012 establece que se deberá elaborar y enviar un informe a la Autoridad Ambiental Competente sobre el derrame, la cual deberá ser informada de manera inicial allegando la siguiente información:

Descripción del evento.

Causa.

Efectos directos e indirectos generados en los diferentes medios.

Acciones de control adelantadas.

Adicionalmente la Resolución 1514 del 2012 establece:

*“Este informe deberá ser enviado máximo 48 horas después de ocurrido el evento. Una vez se tengan los resultados de los monitoreos a los medios afectados, se deberá elabora un informe más detallado en el que se describa el impacto del evento, los resultados de las acciones adelantadas, las acciones propuestas para mitigar los efectos, el tiempo durante el cual se ejecutarán las medidas y los mecanismos de seguimiento adoptados. Este informe se deberá entregar al área indicada por la corporación, máximo un mes después de la fecha inicial de ocurrido el evento y tendrá un carácter de informe intermedio.*

*Es importante aclarar que cualquier volumen de descarga que se presente que afecte el agua o el suelo (asociado a un acuífero) dentro o fuera de las instalaciones del usuario, generado por fallas en la operación del sistema deberá ser reportado a la autoridad ambiental competente”.*

#### 11.2.4.20 Ejecución de la respuesta y la respectiva recuperación

La ejecución de la respuesta se conforma por las acciones que se deben implementar para controlar y atender eficazmente la emergencia.

Las acciones de recuperación corresponden a las medidas que se deban implementar con



base en los monitoreos y la estimación de los daños, para mitigar los efectos y recuperar las condiciones normales de las zonas afectadas. Dichas acciones dependerán de la Evaluación de daños y análisis de Necesidades que se realice en el momento en que se presente la contingencia de acuerdo a la Sección 7.2.1.1 Evaluación de daños y análisis de necesidades del presente PGRMV.

De acuerdo a la Resolución 1514 del 2012, el informe final del evento se deberá enviar a la autoridad ambiental competente y deberá incluir cómo mínimo:

- La descripción del evento.
- La causa.
- Los efectos directos e indirectos generados en los diferentes medios.
- Las acciones de control adelantadas.
- Los resultados de los monitoreos realizados al medio receptor inmediatamente después de ocurrido el evento.
- El Plan de Monitoreo
- en el corto (semanas y hasta dos meses después) y mediano plazo (seis meses) que permitan garantizar la correcta evaluación y verificación de la afectación.
- Las medidas necesarias a ser implementadas para recuperar las zonas afectadas.
- Los costos.
- Las acciones a implementar para evitar la ocurrencia de situaciones similares.

La compañía deberá mantener un registro de las emergencias y contingencias que se presenten de acuerdo con los criterios expuestos en el presente numeral.

#### **11.2.4.21 Sistema de seguimiento y evaluación del plan**

Como mínimo, el PGRMV debe ser evaluado anualmente para determinar si la información consignada corresponde a las condiciones actuales de la infraestructura y equipos de tratamiento utilizados. Adicionalmente, se deben actualizar los datos de los recursos disponibles (personas, equipos e insumos disponibles, el estado en el que se encuentran) para la atención de las emergencias.

En relación a este tema la Resolución 1514 del 2012 establece:

*“Con el objetivo de verificar el cumplimiento del plan, se deberá realizar el seguimiento de la implementación de las acciones de reducción del riesgo y las medidas propuestas para el manejo del desastre. Por lo tanto, el usuario deberá elaborar y mantener un registro de las medidas propuestas y ejecutadas para dar cumplimiento al plan.*

*La Autoridad Ambiental competente podrá solicitar soportes que demuestren la implementación del plan, así como la aplicación de los procedimientos de respuesta, para lo cual se deberá presentar el listado de fichas para el registro de los eventos y la revisión*

*en la aplicación de los protocolos de emergencia definidos y sus resultados.”*

#### **11.2.4.22 Divulgación del plan**

El proceso de divulgación del Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos se deberá desarrollar una vez se defina la ubicación exacta del sistema y se dimensionen los sistemas de tratamiento a utilizar.

El proceso de divulgación debe incluir al personal de la compañía, contratistas, autoridades regionales, comités locales y regionales para la prevención y atención de emergencias y a la comunidad del área de influencia.

El proceso de convocatoria se realizará por escrito, utilizando oficios y carteleros informativos, en el caso de las comunidades del área de influencia y podrá desarrollarse en conjunto con otros procesos de información y participación comunitaria desarrollados.

La temática a abordar en los procesos de divulgación podrá considerar el siguiente contenido:

Presentación institucional.

Descripción técnica del proyecto, enfocado a la generación de aguas residuales.

Análisis de riesgos y estrategias de respuesta ante la manifestación de amenazas.

Aclaración de inquietudes.

Lectura, aprobación del acta y firma de asistencia.

Los soportes del proceso de divulgación podrán ser:

Oficios de convocatoria.

Actas de reuniones.

Registro de asistencia.

Evidencia fotográfica.

#### **11.2.4.23 Actualización y vigencia del plan**

La vigencia del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos será la misma del permiso de vertimiento o licencia ambiental, según el caso.

El Plan deberá ser actualizado cuando se identifiquen cambios en las condiciones del área de influencia en relación con las amenazas, los elementos expuestos, el Sistema de Gestión del Vertimiento, o cuando se presenten cambios significativos en la estructura organizacional, los procesos de notificación internos y externos, los niveles de emergencia y/o los procedimientos de respuesta.

#### 11.2.4.24 Profesionales responsables de la formulación del plan

En la **Tabla 11-38** se relacionan los profesionales que intervinieron en la formulación del Plan de Gestión del Riego para el Manejo de Vertimientos.

**Tabla 11-38 Profesionales que intervinieron en la formulación del PGRMV**

<b>Id</b>	<b>Función (Rol)</b>	<b>Profesional</b>
<b>1</b>	Director del proyecto	Gildardo Méndez
<b>3</b>	Coordinador EIA	Sandra Patricia Gutiérrez
<b>4</b>	Coordinador PAGA Mejoramiento	Lorena Herrera Aguilera
<b>7</b>	Profesional Forestal 1	Carmen Yulieth Escudero
<b>14</b>	Bióloga 1	Judy Vanessa Palomino
<b>21</b>	Especialista SIG 3	Erika Téllez
<b>23</b>	Especialista Botánica	Astrid Caro
<b>26</b>	Ingeniera Ambiental 1	Diana Carolina Martínez
<b>29</b>	Hidróloga	Diana Eugenia Martínez
<b>30</b>	Ingeniero Agrónomo	Randy Forero
<b>32</b>	Geólogo	Giovanni Otalora
<b>35</b>	Geotecnista	Luis Felipe Pérez
<b>37</b>	Hidrogeólogo	Gabriel Urrego
<b>38</b>	Profesional Social 1	Carolina Perico

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2015)

#### 11.2.4.25 Anexos

### ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Riesgo:** resultado de una función, que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico (AENOR, 2008.; ICONTEC, 2004).
- **Proceso de gestión del riesgo:** aplicación sistemática de políticas de gestión, procedimientos y prácticas, a las tareas de establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación del riesgo (ICONTEC, 2004).
- **Amenaza/Peligro:** fuente de daño potencial o situación con potencial para causar pérdida (ICONTEC, 2004). La fuente de dicho daño puede ser un fenómeno y/o una actividad humana o natural que tiene el potencial de causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social, económica y/o la degradación ambiental ( EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2004).
- **Evento iniciante:** evento que da origen a una cadena de eventos consecuentes (ECOPETROL, Responsabilidad Integral Dirección de HSE y Gestión Social, 15 de Marzo de 2012).
- **Evento amenazante:** evento que produce efecto de daño sobre un área o elemento (ECOPETROL, Responsabilidad Integral Dirección de HSE y Gestión Social, 15 de Marzo de 2012).
- **Vulnerabilidad:** factor interno de un sujeto, objeto o sistema (medio y recursos asociados) expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado (ECOPETROL, Responsabilidad Integral Dirección de HSE y Gestión Social, 15 de Marzo de 2012).
- **Consecuencia:** resultado de un evento amenazante expresado cualitativa o cuantitativamente, como por ejemplo una pérdida, una lesión, una desventaja o una ganancia (Adaptado de (ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).
- **Probabilidad:** posibilidad de que ocurra un evento o resultado específico. Se mide generalmente en términos de la relación entre los eventos o resultados específicos y el número total de eventos o resultados posibles (ICONTEC, 2004).
- **Emergencia:** situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una compañía, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que puede requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general (SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres).
- **Atención de Emergencias:** es el conjunto de procedimientos, técnicas, métodos y acciones encaminadas a garantizar una respuesta rápida y eficaz para controlar una emergencia presentada, con el fin de detener o interrumpir, atenuar y minimizar los

impactos y efectos negativos de un derrame sobre el entorno humano y natural y lograr el pronto retorno a la normalidad (SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres).

- Elementos expuestos: Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

## - ANEXO 2. BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.).
- EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (2004). *Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*. Recuperado el 23 de Agosto de 2014, de <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Inskipp, T., & Gillett, H. J. (2005). <http://www.monografias.com/trabajos86/aspectos-generales-nutria-neotropical-lontra-longicaudis/aspectos-generales-nutria-neotropical-lontra-longicaudis.shtml>.
- Michael, A., Cadena, A., Hernández Camacho, J., & Muñoz Saba, Y. (2000). Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 43-75.
- Ramírez Chavez, H. E., & Suárez-Castro, A. F. (2014). *Adiciones y cambios a la lista de mamíferos de Colombia: 500 especies registradas para el territorio nacional*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Mastozoología.
- Abe, A. S. (1995). Estivation in South American amphibians and reptiles. *Braz J Med Biol Res*, 28(11-12), 1241-1247.
- ACNUR. (2001). *Diagnóstico Departamental Cundinamarca*. Recuperado el 2015, de [http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI\\_2173.pdf?view=1](http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI_2173.pdf?view=1)
- Acosta-Galvis, A. R. (2000). Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia). *Biota Colombiana*, 1(3), 289-319.
- Acosta-Galvis, A. R., & Cuentas, D. (Marzo de 2015). *Batrachia*. Obtenido de Lista de los Anfibios de Colombia (V.05.2015): <http://www.batrachia.com/>
- AENOR. (2008.). *UNE 150008:2008. Análisis y evaluación del riesgo ambiental*. . Madrid, España.
- Agencia Nacional de Infraestructura ANI. (2016). <http://www.ani.gov.co>. Recuperado el 26 de julio de 2016, de <http://www.devimar.co/autopista-al-mar-1.html>
- Alberico, M., Cadena, A., Hernandez, C. J., & Muñoz, S. J. (2000). *Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia*. Biota Colombiana.
- AmphibiaWeb. (2016). *Information on amphibian biology and conservation*. Obtenido de Berkeley, California: AmphibiaWeb: <http://amphibiaweb.org/index.html>
- APHA, AWWA, and WEF. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st ed ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- ARPEL. (1998). *Evaluación y Administración de Riesgos de Derrames de Hidrocarburos*. Montevideo, Uruguay.
- Arroyave, M. d., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., . . . Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*(5), 45-57.
- Barco, P., & Arana, C. (2013). Comportamiento de la Criminalidad en Colombia. *Revista Criminalidad*, 11-33.
- Birdlife International. (2016). <http://www.birdlife.org>. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- Business and Biodiversity Offsets Programme. (s. f.). *To no Net loss and beyond an overview of the Business and Biodiversity Offsets Programme*. Recuperado el 16 de



- julio de 2015, de [http://www.forest-trends.org/publication\\_details.php?publicationID=3319](http://www.forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=3319)
- Cabrera, A., & Yepes, J. (1960). *Mamíferos sud americanos, Volumen 2*. Buenos Aires: Second.
- Castro Luna, A. A., Arriaga-Weiss, S. L., & Oporto, S. (2007). *Diversidad y composición de murciélagos frugívoros en bosques secundarios de Tabasco, México*. México: EL SEVIER.
- Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M., Cordoba-Cordoba, S., & Sua-Herrera, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 234-272.
- CITES. (05 de Febrero de 2015). <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- CITES. (05 de Febrero de 2015). <https://www.cites.org/eng/app/index.php>.
- Consultoria Colombiana S. A. (2016).
- Corantioquia. (2010). *Estado del conocimiento de la fauna silvestre en la jurisdicción de CORANTIOQUIA*. Medellín: CORANTIOQUIA.
- CORANTIOQUIA. (2010). *Estado del conocimiento de la fauna silvestre en la jurisdicción de CORANTIOQUIA*. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2010). *Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Negro*.
- Corporación Autonoma Regional del Tolima. (2015). *Guía Ambiental Exploración de Carbón*. Recuperado el 16 de 04 de 2015, de <http://www.cortolima.gov.co/>
- de la Ossa, J., de la Ossa-Nadjar, O., & Medina-Bohórquez, E. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7(1), 109-116.
- Defler, T. R. (2010). *Historia Natural de los Primates de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Del Hoyo, J., Collar, N., Christie, D., Elliot, A., Lincoln, D., & Fishpool, C. (2014). *HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Volume 1*.
- Dirección de Prevención y Atención de Desastres -DGPAD- y Consejo Colombiano de Seguridad -CCS-. (2003). *Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres*. Bogotá.
- ECOPETROL. (2012). Plan Maestro de Contingencias Vicepresidencia de Exploración y Producción. Diagnostico Ambiental de Alternativas del Proyecto Oleoducto del Caribe OLECAR S.A.S.
- Ecopetrol S.A. (2007). *MANUAL DE ESTÁNDARES OPERATIVOS PARA LAS FACILIDADES DE SUPERFICIE*.
- ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral. (2008). *Uso de la matriz de Valoración de Riesgos – RAM. ECP- DRI-I-007*. Bogotá D.C.
- ECOPETROL, Responsabilidad Integral Dirección de HSE y Gestión Social. (15 de Marzo de 2012). *Guía Planeación y Respuesta a Emergencias. ECP-DHS-G-037. Versión 1*. Bogotá, D.C.
- EIRD, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (2004). *Terminología*:

- Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres.* Recuperado el 23 de Agosto de 2014, de <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- El Colombiano. (2014). *El Colombiano*. Recuperado el 25 de 02 de 2016, de [http://www.elcolombiano.com/historico/santa\\_fe\\_de\\_antioquia\\_marcho\\_por\\_la\\_vida-OXEC\\_294965](http://www.elcolombiano.com/historico/santa_fe_de_antioquia_marcho_por_la_vida-OXEC_294965).
- El Colombiano. (18 de 04 de 2014). *El Colombiano*. Recuperado el 29 de 02 de 2016, de [http://www.elcolombiano.com/historico/en\\_el\\_occidente\\_la\\_mineria\\_ilegal\\_no\\_quiere\\_dar\\_tregua-DXEC\\_291200](http://www.elcolombiano.com/historico/en_el_occidente_la_mineria_ilegal_no_quiere_dar_tregua-DXEC_291200)
- Emmons, L. H., & Feer, F. (1997). *Neotropical Rainforest Mammals*. Chicago: Second Edition.
- Espinal, L. (1985). Geografía ecológica del departamento de Antioquia (Zonas de vida (formaciones vegetales) del departamento de Antioquia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 38(1), 5-106.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2008). *Guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia*. Ginebra, Suiza.
- FirstEnergy Corp. (2014). *Common Electrical Problems*. Recuperado el 2 de 11 de 2014, de [https://www.firstenergycorp.com/content/customer/help/safety/common\\_electricalproblems.html](https://www.firstenergycorp.com/content/customer/help/safety/common_electricalproblems.html)
- H13N. (2016). *H13N*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de <http://www.hora13noticias.tv/index.php/actualidad-en-antioquia/19159-con-la-consigna-todos-unidos-por-buritica-marcharon-hoy-por-las-calles-del-municipio>
- Hernandez, J. y. (1992). Biomas terrestres de Colombia. *Acta Zoológica Mexica., especial*.
- Hilty, W., & Brown, S. (1986). *A guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press.
- ICN. (2011). *Reptiles de Colombia*. Obtenido de Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/reptilesdecolombia/>
- ICONTEC, I. C. (2004). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5254. 2004-05-31. Gestión Del Riesgo*. Bogotá, D.C.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5254. 2004-05-31*. Bogotá, D.C.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 104. Gestión del riesgo ambiental*. Bogotá, D.C.
- IDEAM. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá, D.C.
- IDEAM. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. . Bogotá, D.C.
- IGAC. (2007). *Estudio General de Suelos y zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia*. Bogotá : IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2012). *IGAC*. Recuperado el 22 de 02 de 2016, de [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx)
- Instituto Nacional de Ecología. (2011). *Univesidad Nacional Abierta y a Distancia*.

- Recuperado el Agosto de 2015, de  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido\\_en\\_linea\\_Caraterizacion/protocolo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/protocolo.html)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1998). NTP 361: Planes de emergencia en lugares de pública concurrencia. España. Recuperado el 08 de 07 de 2015, de  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_361.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_361.pdf)
- IUCN. (2015). <http://www.iucnredlist.org/>. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- IUCN. (2015). *International Union for Conservation of Nature*. Obtenido de Red List of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/>
- La Patria. (23 de 06 de 2015). *Lapatria.com*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de  
<http://www.lapatria.com/economia/caficultores-le-cumplieron-la-cita-en-armenia-201727>
- Llano-Mejía, J., Cortés-Gómez, A., & Castro-Herrera, F. (2010). Lista de anfibios y reptiles del departamento del Tolima, Colombia. *Biota Colombina*, 11(1 y 2), 89-106.
- Lynch, J. D. (2012). El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Rev. Colomb. Cienc.*, 36(140), 435-449.
- Lynch, J. D., Ruiz-Carranza, P. M., & Ardila-Robayo, M. C. (1997). Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, XXI(80), 237-248.
- MADS. (2014). <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- Mayr-Maldonado, J. (1999). Gestión ambiental para la fauna silvestre en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, XXIII, 713-715.
- McMullan, M., & Donegan, T. (2014). *Field guide to the birds of Colombia*.
- METCALF, E. (1985). *Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales* (Segunda edición ed.). Labor.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Resolución 1514. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *RESOLUCIÓN 1514 DE 2012*. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1997). *Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo*, REAL DECRETO 485. Barcelona, España: BOE nº 97.
- Misterio de Ambiente y Desarrollo Sotenible. (10 de Febrero de 2014). Resolución N° 0192. Bogotá, Colombia: Misterio de Ambiente y Desarrollo Sotenible.
- Molina Zuluaga, C., & Gutiérrez Cárdenas, P. (2007). Uso nocturno de perchas en dos especies de Anolis (Squamata: Polychrotidae) en un bosque Andino de Colombia. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, <http://dx.doi.org/10.1590/S0031->

10492007002200001 .

- Moreno-Arias, R., Medina-Rangel, G., Carvajal-Cogollo, J., & Castaño-Mora, O. (2009). Herpetofauna de la Serranía del Perijá. En O. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica VII: Media y baja montaña de la serranía de Perijá* (págs. 449-470). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia.
- MSD. (2012). *Manual Merck. Accidentes y lesiones. Mordeduras y picaduras venenosas*. Recuperado el 14 de 08 de 2014, de Merck Sharp & Dohme Corp: <http://pacientes.msd.com.co/manual-merck/024-accidentes-lesiones/287-mordeduras-y-picaduras-venenosas/mordeduras-picaduras-venenosas.aspx>
- Naranjo, L. G. (2009). *Plan Nacional de las Especies Migratorias*. Bogotá: Direccion de Ecosistemas.
- Naranjo, L., Amaya, J., Eusse-González, D., & Cifuentes-Sarmiento, Y. (2012). *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol.1*.
- Neotropical Birds. (2016). <http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/home>. Recuperado el 26 de Febrero de 2016
- Nowell, K., & Jackson, P. (1996). *North Africa and Southwest Asia, Cheetah*. In: Nowell K, Jackson P, editors. *Wild cats: Status survey and conservation action plan*. Gland, Switzerland: IUCN/SSC Cat Specialist Group; p 41-44.
- Office of Foreign Disaster Assistance, United States Agency for International Development. (2008). *Evaluación de daños y análisis de necesidades*. Recuperado el 12 de 2014, de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc10095/doc10095-contenido.pdf>
- Payan, E., & Trujillo, L. (2006). *The Tigrilladas in Colombia*. *Cat News* 44:25-28.
- Ralph, J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., DeSante, D., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany.
- Ramírez-Chaves, H., & Suarez-Castro, A. (2014). Adiciones y cambios a la lista de mamíferos de Colombia: 500 especies registradas para el territorio nacional. *Notas Mastozoológicas*, 1(2), 31-34.
- RCN Radio. (2015). *RCN Radio*. Recuperado el 26 de 02 de 2016, de <http://www.rcnradio.com/locales/60-mil-mineros-se-movilizan-en-antioquia-y-el-resto-del-pais/>
- Remsen, J., Areta, J., Cadena, C., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J., . . . Zimmer, K. (22 de Febrero de 2016). <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- Renjifo, J. M., Lasso, C., & Morales-Betancourt, M. (2009). Hrpptofauna de la Estrella Fluvial de Inírida (ríos Inírida, Guaviar, Atabapo y Orinoco) Orinoquía colombiana: lista preliminar de especies. *Biota Colombiana*, 10(1 y 2), 171-178.
- Renjifo, L., Gómez, M., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A., Kattan, G., Amaya-Espinel, J., & Burbano-Giron, J. (2014). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.
- Rodríguez-Guerra, A. (2013). *Iguana iguana*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de ReptiliaWebEcuador. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica



- del Ecuador:
- <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1719>
- Rodriguez-Mahecha, J. V., Alberico, M., Trujillo, F., & Jorgenson, J. (2006). *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia*. Bogotá: Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.
- Roldán-Pérez, G. A. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Rionegro: Universidad de Antioquia.
- Salaman, P., Donegan, T., & Caro, D. (2008). Listado de las aves de Colombia. *Conservación Colombiana*(5), 1-85.
- Sanchez, H., Castaño-Mora, O., & Cárdenas, G. (1995). Diversidad de los reptiles en Colombia. En O. Rangel (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica I* (págs. 277-326). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia.
- Seguros de Riesgos Laborales SURAMERICANA S.A. (2015). *Rutas de evacuación en lugares de trabajo*. Recuperado el 13 de 04 de 2015, de <http://www.arlsura.com/>
- Serpentario Nacional de Colombia. (2016). *Serpientes de Colombia*. Obtenido de <http://www.serpientesdecolombia.com/>
- Servyeco Grupo. (2008). *Productos químicos para tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 12 de 2014, de [http://www.servyeco.com/530053\\_es/Productos-qu%25C3%25ADmicos-para-tratamiento-de-aguas-residuales/](http://www.servyeco.com/530053_es/Productos-qu%25C3%25ADmicos-para-tratamiento-de-aguas-residuales/)
- SICAT1. (2010). *Sistema de información para el inventario, catalogación, valoración y administración de la información técnico-científica*. Recuperado el 22 de 02 de 2016, de <http://aplicaciones1.sgc.gov.co/sicat/html/Metadato.aspx?CID=239935>
- SNGRD, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (s.f.). ABC Gestión del Riesgo. Colombia menos vulnerable, comunidades más resilientes. Bogotá D.C.
- Solari, S., & Martínez Arias, V. (2014). *Cambios recientes en la sistemática y taxonomía de murciélagos Neotropicales (Mammalia: Chiroptera)*. Medellín: THERYA.
- Solari, S., Muñoz Saba, Y., Rodríguez Mahecha, J. V., Defler, T., Ramírez Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). *Riqueza, Endemismo y Conservación de los Mamíferos de Colombia*. Bogotá: SAREM, 2013.
- Tirira, D. (2001). *Libro rojo de los mamíferos del Ecuador*. Ecuador: SIMBIOE, 2001.
- Toro, J., & Cuervo, A. (2002). *Aves en peligro de extinción en la jurisdicción de Antioquia*. Medellín.
- Trujillo, F., & Arcila, D. (2006). *Nutria neotropical Lontra longicaudis: 249-254 (En) RODRIGUEZ-MAHECHA J., ALBERICO M., TRUJILLO F. y JORGENSON, J. (Eds) 2006. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservacion Internacional*. Bogotá{a.
- Trujillo, F., Caro, C., Suárez, J., & Usma, J. (2004). *Evaluación y oferta regional de humedales de la Orinoquia: contribución a la formulación de planes de manejo en aéreas de jurisdicción de CDA, Corporinoquia y Cormacarena*. Informe interno entregado a WWF y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- UICN Versión 2015-4. (s.f.). <http://www.iucnredlist.org/>.
- UNGRD. (2014). *Vendavales*. Recuperado el 20 de 10 de 2014, de <http://www.gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/emergencias/temporada/Informe.aspx>

- UNGRD. (2015). *Unidad nacional para la gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 22 de 02 de 2016, de <http://www.gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/emergencias/temporada/Informe.aspx>
- United States Department of Labor. (2015). *Evacuation Plans and Procedures eTool*. Recuperado el 13 de 04 de 2015, de [https://www.osha.gov/SLTC/etools/evacuation/egress\\_construction.html](https://www.osha.gov/SLTC/etools/evacuation/egress_construction.html)
- Urbina-Cardona, J. N. (2011). Gradientes andinos en la diversidad y patrones de endemismo en anfibios y reptiles de Colombia: Posibles respuestas al cambio climático. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 74-91.
- Valencia-Aguilar, A., Cortés-Gómez, Á. M., & Ruiz-Agudelo, C. A. (2013). Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, DOI: 10.1080/21513732.2013.821168.
- Vargas-Salinas, F., Delgado-Ospina, I., & López-Aranda, F. (2011). Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia. *Caldasia*, 33(1), 121-138.
- Varila Quiroga, J. A., & Díaz López, F. E. (Julio - Diciembre de 2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. *Revista de Tecnología*, 7(2), 21-28.
- Walter, H. (1977). *Zonad de vegetación y clima. Breve exposición desde el punto de vista causal y global*. Barcelona, España: Omega, S. A.
- Walter, H. (1977). *Zonas de vegetación y clima. Breve exposición desde el punto de vista causal y global*. Barcelona, , España: Omega, S. A.
- Walter, H. (1981). *Los sistemas ecológicos de los continentes*. Madrid: Omega.
- Walter, H. (1985). *Vegetation of the Earth and ecological systems of the geobisphere*. (Tercera ed.). New York: Springer-Verlag.
- Wilson, D., & Reeder, D. (2005). *Mammal's species of the World. A taxonomic and geographic reference*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 2142 pp: Third edition.