

TABLA DE CONTENIDO

7	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	7.1-1
7.1	MEDIO FÍSICO	7.1-2
7.1.1	<i>Manejo del recurso hídrico.....</i>	<i>7.1-2</i>
7.1.1.1	Manejo de Captaciones.....	7.1-2
7.1.1.2	Manejo de residuos líquidos domésticos, industriales y de proceso	7.1-5
7.1.1.3	Programa de manejo de la cantidad del recurso hídrico.....	7.1-9
7.1.1.4	Manejo para cruces viales de cuerpos de agua.....	7.1-17
7.1.2	<i>Programa de manejo de calidad de aguas en el embalse y aguas abajo.....</i>	<i>7.1-29</i>
7.1.2.1	Objetivos.....	7.1-29
7.1.2.2	Metas.....	7.1-29
7.1.2.3	Etapas.....	7.1-29
7.1.2.4	Impacto ambiental.....	7.1-29
7.1.2.5	Tipo de medida.....	7.1-30
7.1.2.6	Acciones por desarrollar.....	7.1-30
7.1.2.7	Lugar de aplicación.....	7.1-31
7.1.2.8	Población beneficiada.....	7.1-31
7.1.2.9	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.1-31
7.1.2.10	Personal requerido.....	7.1-32
7.1.2.11	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.1-32
7.1.2.12	Responsable de la ejecución.....	7.1-32
7.1.2.13	Cronograma de ejecución.....	7.1-32
7.1.2.14	Presupuesto.....	7.1-32
7.1.3	<i>Programa de manejo de la calidad del agua subterránea.....</i>	<i>7.1-32</i>
7.1.3.1	Objetivos.....	7.1-32
7.1.3.2	Metas.....	7.1-32
7.1.3.3	Etapas.....	7.1-33
7.1.3.4	Impactos por controlar.....	7.1-33
7.1.3.5	Acciones por desarrollar.....	7.1-33
7.1.3.6	Lugar de aplicación.....	7.1-37
7.1.3.7	Población beneficiada.....	7.1-37
7.1.3.8	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.1-37
7.1.3.9	Personal requerido.....	7.1-37
7.1.3.10	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.1-37
7.1.3.11	Responsable de la ejecución.....	7.1-37
7.1.3.12	Cronograma.....	7.1-38
7.1.3.13	Presupuesto.....	7.1-38
7.1.4	<i>Programa de manejo de la calidad del aire y ruido.....</i>	<i>7.1-38</i>
7.1.4.1	Objetivos.....	7.1-38
7.1.4.2	Metas.....	7.1-38
7.1.4.3	Etapas.....	7.1-38
7.1.4.4	Impactos a controlar.....	7.1-38
7.1.4.5	Tipo de medida.....	7.1-38
7.1.4.6	Acciones a desarrollar.....	7.1-38
7.1.4.7	Cuantificación de la medida.....	7.1-43
7.1.4.8	Lugar de aplicación.....	7.1-43

7.1.4.9	Población beneficiada.....	7.1-43
7.1.4.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.1-43
7.1.4.11	Personal requerido.....	7.1-43
7.1.4.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.1-44
7.1.4.13	Responsable de la ejecución.....	7.1-44
7.1.4.14	Cronograma.....	7.1-44
7.1.4.15	Presupuesto.....	7.1-44
7.1.5	<i>Programa de manejo de inestabilidad, erosión y sedimentación.....</i>	<i>7.1-44</i>
7.1.5.1	Objetivos.....	7.1-44
7.1.5.2	Metas.....	7.1-44
7.1.5.3	Etapas.....	7.1-44
7.1.5.4	Impactos a controlar.....	7.1-44
7.1.5.5	Tipo de Medida.....	7.1-45
7.1.5.6	Acciones a desarrollar.....	7.1-45
7.1.5.7	Cuantificación de la medida.....	7.1-53
7.1.5.8	Lugar de aplicación.....	7.1-53
7.1.5.9	Población beneficiada.....	7.1-53
7.1.5.10	Personal requerido.....	7.1-53
7.1.5.11	Indicadores y seguimiento.....	7.1-53
7.1.5.12	Responsable de la ejecución.....	7.1-54
7.1.5.13	Cronograma.....	7.1-54
7.1.5.14	Presupuesto.....	7.1-54
7.1.6	<i>Programa de manejo para la alteración y eliminación de la geoformas del terreno.....</i>	<i>7.1-55</i>
7.1.6.1	Objetivos.....	7.1-55
7.1.6.2	Metas.....	7.1-55
7.1.6.3	Etapas.....	7.1-56
7.1.6.4	Impactos a controlar.....	7.1-56
7.1.6.5	Tipo de medida.....	7.1-56
7.1.6.6	Acciones a Desarrollar.....	7.1-56
7.1.6.7	Cuantificación de la medida.....	7.1-59
7.1.6.8	Lugar de aplicación.....	7.1-59
7.1.6.9	Población beneficiada.....	7.1-59
7.1.6.10	Personal requerido.....	7.1-59
7.1.6.11	Indicadores de seguimiento y monitoreo.....	7.1-59
7.1.6.12	Responsables de la ejecución.....	7.1-60
7.1.6.13	Cronograma.....	7.1-60
7.1.6.14	Presupuesto.....	7.1-60
7.1.7	<i>Programa de Manejo de drenaje ácido.....</i>	<i>7.1-60</i>
7.1.7.1	Objetivos.....	7.1-60
7.1.7.2	Metas.....	7.1-60
7.1.7.3	Etapas.....	7.1-61
7.1.7.4	Impactos a controlar.....	7.1-61
7.1.7.5	Tipo de medida.....	7.1-61
7.1.7.6	Acciones a desarrollar.....	7.1-61
7.1.7.7	Cuantificación de la medida.....	7.1-67
7.1.7.8	Lugar de aplicación.....	7.1-67
7.1.7.9	Población beneficiada.....	7.1-67
7.1.7.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.1-67
7.1.7.11	Personal requerido.....	7.1-67
7.1.7.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.1-68
7.1.7.13	Responsable de la ejecución.....	7.1-68
7.1.7.14	Cronograma.....	7.1-68

7.1.7.15	Presupuesto.....	7.1-69
7.1.8	<i>Programa de compensación por afectación de la cantidad de agua.....</i>	<i>7.1-70</i>
7.1.8.1	Objetivos.....	7.1-70
7.1.8.2	Metas.....	7.1-70
7.1.8.3	Etapas.....	7.1-70
7.1.8.4	Impactos por controlar.....	7.1-70
7.1.8.5	Tipo de medida.....	7.1-70
7.1.8.6	Acciones por desarrollar.....	7.1-70
7.1.8.7	Lugar de aplicación.....	7.1-70
7.1.8.8	Población beneficiada.....	7.1-70
7.1.8.9	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.1-71
7.1.8.10	Personal requerido.....	7.1-71
7.1.8.11	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.1-71
7.1.9	<i>Manejo de residuos sólidos.....</i>	<i>7.1-71</i>
7.1.9.1	Objetivos.....	7.1-71
7.1.9.2	Metas.....	7.1-71
7.1.9.3	Etapas.....	7.1-71
7.1.9.4	Impacto ambiental.....	7.1-72
7.1.9.5	Tipo de medida.....	7.1-72
7.1.9.6	Acciones por desarrollar.....	7.1-72
7.1.9.7	Cuantificación de la medida.....	7.1-78
7.1.9.8	Lugar de aplicación.....	7.1-78
7.1.9.9	Población beneficiada.....	7.1-78
7.1.9.10	Responsable de la ejecución.....	7.1-78
7.1.9.11	Cronograma de ejecución.....	7.1-78
7.2	MEDIO BIÓTICO.....	7.2-80
7.2.1	<i>Programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats.....</i>	<i>7.2-80</i>
7.2.1.1	Objetivos.....	7.2-80
7.2.1.2	Metas.....	7.2-80
7.2.1.3	Etapas.....	7.2-80
7.2.1.4	Impactos por controlar.....	7.2-80
7.2.1.5	Tipo de medida.....	7.2-80
7.2.1.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-81
7.2.1.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-92
7.2.1.8	Lugar de aplicación.....	7.2-92
7.2.1.9	Población beneficiada.....	7.2-92
7.2.1.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-92
7.2.1.11	Personal requerido.....	7.2-92
7.2.1.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-92
7.2.1.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-93
7.2.1.14	Cronograma.....	7.2-93
7.2.1.15	Presupuesto.....	7.2-94
7.2.2	<i>Programa de investigación en recuperación de ecosistemas de páramo y subpáramo</i>	<i>7.2-94</i>
7.2.2.1	Objetivos.....	7.2-94
7.2.2.2	Metas.....	7.2-94
7.2.2.3	Etapas.....	7.2-94
7.2.2.4	Impactos por controlar.....	7.2-94
7.2.2.5	Tipo de medida.....	7.2-95
7.2.2.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-95
7.2.2.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-96
7.2.2.8	Lugar de aplicación.....	7.2-96
7.2.2.9	Población beneficiada.....	7.2-97

7.2.2.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-97
7.2.2.11	Personal requerido.....	7.2-97
7.2.2.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-97
7.2.2.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-97
7.2.2.14	Cronograma.....	7.2-97
7.2.2.15	Presupuesto.....	7.2-97
7.2.3	<i>Programa de rescate de flora y fauna.....</i>	<i>7.2-98</i>
7.2.3.1	Objetivos.....	7.2-98
7.2.3.2	Metas.....	7.2-98
7.2.3.3	Etapas.....	7.2-98
7.2.3.4	Impactos por controlar.....	7.2-98
7.2.3.5	Tipo de medida.....	7.2-98
7.2.3.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-98
7.2.3.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-111
7.2.3.8	Lugar de aplicación.....	7.2-112
7.2.3.9	Población beneficiada.....	7.2-112
7.2.3.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-112
7.2.3.11	Personal requerido.....	7.2-112
7.2.3.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-112
7.2.3.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-113
7.2.3.14	Cronograma.....	7.2-113
7.2.3.15	Presupuesto.....	7.2-113
7.2.4	<i>Programa de manejo y disposición final del suelo y cobertura vegetal.....</i>	<i>7.2-113</i>
7.2.4.1	Objetivos.....	7.2-113
7.2.4.2	Metas.....	7.2-113
7.2.4.3	Etapas.....	7.2-113
7.2.4.4	Impactos por controlar.....	7.2-114
7.2.4.5	Tipo de medida.....	7.2-114
7.2.4.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-114
7.2.4.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-119
7.2.4.8	Lugar de aplicación.....	7.2-119
7.2.4.9	Población beneficiada.....	7.2-119
7.2.4.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-119
7.2.4.11	Personal requerido.....	7.2-119
7.2.4.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-119
7.2.4.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-120
7.2.4.14	Cronograma.....	7.2-120
7.2.4.15	Presupuesto.....	7.2-120
7.2.5	<i>Programa de recuperación vegetal en taludes de corte y llenos.....</i>	<i>7.2-120</i>
7.2.5.1	Objetivos.....	7.2-120
7.2.5.2	Metas.....	7.2-120
7.2.5.3	Etapas.....	7.2-120
7.2.5.4	Impactos por controlar.....	7.2-120
7.2.5.5	Tipo de medida.....	7.2-120
7.2.5.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-121
7.2.5.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-122
7.2.5.8	Lugar de aplicación.....	7.2-122
7.2.5.9	Población beneficiada.....	7.2-122
7.2.5.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-122
7.2.5.11	Personal requerido.....	7.2-123
7.2.5.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-123
7.2.5.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-123
7.2.5.14	Cronograma.....	7.2-123

7.2.5.15	Presupuesto.....	7.2-123
7.2.6	<i>Programa de educación y restauración ecológica participativa</i>	<i>7.2-123</i>
7.2.6.1	Objetivos.....	7.2-123
7.2.6.2	Metas.....	7.2-123
7.2.6.3	Etapas.....	7.2-124
7.2.6.4	Impactos por controlar.....	7.2-124
7.2.6.5	Tipo de medida.....	7.2-124
7.2.6.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-124
7.2.6.7	Lugar de aplicación.....	7.2-126
7.2.6.8	Población beneficiada.....	7.2-126
7.2.6.9	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-126
7.2.6.10	Personal requerido.....	7.2-126
7.2.6.11	Responsable de la ejecución.....	7.2-127
7.2.6.12	Cronograma.....	7.2-127
7.2.6.13	Presupuesto.....	7.2-127
7.2.7	<i>Programa de compensación por pérdida de hábitats acuáticos.....</i>	<i>7.2-127</i>
7.2.7.1	Objetivos.....	7.2-127
7.2.7.2	Metas.....	7.2-127
7.2.7.3	Etapas.....	7.2-127
7.2.7.4	Impactos por controlar.....	7.2-127
7.2.7.5	Tipo de medida.....	7.2-128
7.2.7.6	Acciones por desarrollar.....	7.2-128
7.2.7.7	Cuantificación de la medida.....	7.2-129
7.2.7.8	Lugar de aplicación.....	7.2-129
7.2.7.9	Población beneficiada.....	7.2-129
7.2.7.10	Mecanismos y estrategias participativas.....	7.2-129
7.2.7.11	Personal requerido.....	7.2-129
7.2.7.12	Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables).....	7.2-129
7.2.7.13	Responsable de la ejecución.....	7.2-129
7.2.7.14	Cronograma.....	7.2-130
7.2.7.15	Presupuesto.....	7.2-130

LISTA DE TABLAS

Tabla 0-1 Impactos y planes de manejo.....	7.1-1
Tabla 7.1-1 Características hidráulicas de los canales de drenaje de aguas superficiales en el Botadero Móngora	7.1-10
Tabla 7.1-2 Características hidráulicas de las obras de drenaje de las aguas superficiales del Tajo	7.1-12
Tabla 7.1-3 Parámetros de diseño de canales de pilas de lixiviación.....	7.1-14
Tabla 7.1-4 Descripción de los canales de derivación de las pilas de lixiviación.....	7.1-14
Tabla 7.1-5 Resumen de alturas máximas de talud para caminos.....	7.1-46
Tabla 7.1-6 Resumen de los análisis de estabilidad.....	7.1-48
Tabla 7.1-7 Parámetros geométricos de los bancos del tajo.....	7.1-50
Tabla 7.1-8 Parámetros de resistencia.....	7.1-53
Tabla 7.1-9 Características de los recipientes para el almacenamiento de residuos.....	7.1-73
Tabla 7.2-1 Cobertura vegetal de los pisos bioclimáticos de páramo, páramo bajo o subpáramo y bosque andino que será intervenida por el proyecto.....	7.2-82
Tabla 7.2-2 Condiciones del lugar y tipos de tratamiento para restauración.....	7.2-87
Tabla 7.2-3 Distancias y densidades de siembra al tresbolillo.....	7.2-89
Tabla 7.2-4 Actividades para el manejo del retamo espinoso.....	7.2-91
Tabla 7.2-5 Uso de anestésicos (Ketamina) en algunos animales silvestres	7.2-110
Tabla 7.2-1 Cobertura vegetal de los pisos bioclimáticos de páramo, páramo bajo o subpáramo y bosque andino que será intervenida por el proyecto	7.2-82
Tabla 7.2-2 Condiciones del lugar y tipos de tratamiento para restauración.....	7.2-87
Tabla 7.2-3 Distancias y densidades de siembra al tresbolillo.....	7.2-89
Tabla 7.2-4 Actividades para el manejo del retamo espinoso.....	7.2-91
Tabla 7.2-5 Uso de anestésicos (Ketamina) en algunos animales silvestres	7.2-110

LISTA DE FIGURAS

- Figura 7.1-1 Canales de drenaje de aguas superficiales en el Botadero Móngora
- Figura 7.1-2 Canales de drenaje de aguas superficiales en el Tajo
- Figura 7.1-3 Sistema de drenaje de aguas superficiales de la pila de lixiviación de Angostura
- Figura 7.1-4: Sistema de drenaje de aguas superficiales de la pila de lixiviación de Páez
- Figura 7.1-5: Sección transversal típica del canal de derivación y acceso de servicio para ambas Pilas de Lixiviación
- Figura 7.1-6 Estructura para el control de dispersión de buchón de agua en los embalses de Tominé (izquierda) y Muña (derecha)
- Figura 7.1-7 Corte del sistema de drenaje
- Figura 7.1-8 Sistema de subdrenaje de la pila de lixiviación Angostura
- Figura 7.1-9: Propuesta de cortes y rellenos para caminos (NCL)
- Figura 7.1-10: Perfiles seleccionados
- Figura 7.1-11 Esquema geométrico de los bancos
- Figura 7.1-12 Esquema geométrico pilas de lixiviación.
- Figura 7.1-13. Diagrama de los indicadores en los procesos de inestabilidad-erosión-sedimentación
- Figura 7.1-14 Identificación de recipientes para almacenamiento de residuos
- Figura 7.1-15 Almacenamiento típico residuos especiales
- Figura 7.1-16 Esquema de planta de punto de almacenamiento
- Figura 7.2-1 Patrón de plantación al tresbolillo (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)
- Figura 7.2-2 Esquema de patrón de plantación en mosaico (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)
- Figura 7.2-3 Esquema del centro de paso de fauna silvestre
- Figura 7.2-4 Excavación y poda de raíz (Tomado de Conif-Dama, 1996)
- Figura 7.2-5 Bloqueo. Empaque y amarre (Tomado de Conif-Dama, 1996).
- Figura 7.2-6 Ahuyentadores visuales de aves
- Figura 7.2-7 Esquema de localización de drenajes externos en las zonas de depósito (Tomada de EPM, 2008)
- Figura 7.2-8 Esquema de obras de drenaje (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)
- Figura 7.2-9 Implementación de sistemas de trinchos para empedradización (Tomada de EPM, 2008)

7 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El plan de manejo de los impactos que se generan o pueden generarse sobre las condiciones ambientales, socioeconómicas y culturales, con ocasión del desarrollo de obras y actividades asociadas al Proyecto Aurífero Angostura, integra los programas y las actividades que permitan prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los impactos negativos y potenciar los impactos positivos.

La orientación de los programas de manejo, es integral e incluye en cada programa soluciones a varios impactos. En la Tabla 7.1-1 y la Tabla 7.1-1 se presentan en resumen los impactos identificados a los cuales están respondiendo uno o varios programas.

Tabla 7.1-1 Impactos y planes de manejo

	Impactos	Planes de manejo
FÍSICOS	Alteración de la calidad del agua	Manejo del recurso hídrico Manejo de residuos sólidos Programa de manejo de la calidad del agua en embalse Programa de compensación por afectación de la cantidad de agua
	Afectación de la calidad de agua subterránea	Programa de manejo de la calidad del agua subterránea
	Afectación cuantitativa de la cantidad de agua	Programa de manejo de la cantidad de agua
	Alteración de la calidad del aire y ruido	Manejo de fuentes de emisiones y ruido
	Generación de residuos sólidos domésticos e industriales	Manejo de residuos sólidos
	Generación de inestabilidad y erosión	Programa de manejo de inestabilidad , erosión y sedimentación
	Aumento de la sedimentación	
	Alteración y eliminación de las geofomas	Programa de manejo para la alteración y eliminación de las geofomas del terreno
	Afectación por generación de drenaje ácido de la mina	Programa de manejo de drenaje ácido
BIÓTICOS	Pérdida y alteración de cobertura vegetal y hábitats terrestre	Programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats terrestres Programa de manejo y disposición final del suelo y cobertura vegetal
	Pérdida de individuos vegetales	Rescate de flora y fauna

	Impactos	Planes de manejo
	Alteración de poblaciones de flora con estatus especial de conservación	Programa de investigación en recuperación de ecosistemas de páramo y subpáramo
	Afectación y pérdida de individuos de fauna terrestre por eliminación y alteración de hábitats	Programa de educación y restauración ecológica participativa
	Alteración de poblaciones de especies de fauna con estatus especial de conservación	Programa de investigación en recuperación de ecosistemas de páramo y subpáramo
	Incremento en la fragmentación de hábitat y de corredores biológicos	Programa de recuperación vegetal en taludes de corte
	Pérdida o alteración de hábitats para comunidades acuáticas	Programa de compensación por pérdida de hábitats acuáticos

7.1 MEDIO FÍSICO

7.1.1 Manejo del recurso hídrico

7.1.1.1 Manejo de Captaciones

7.1.1.1.1 *Objetivos*

Establecer los manejos para las fuentes de suministro de agua para el proyecto, previniendo impactos derivados de un uso no planificado.

7.1.1.1.2 *Metas*

Satisfacer el 100% de las necesidades de agua para las actividades constructivas del proyecto, sin deteriorar las fuentes de agua.

7.1.1.1.3 *Etapas*

Se implementará durante las fases de instalación y operación.

7.1.1.1.4 *Impacto ambiental*

Alteración de la calidad de agua

7.1.1.1.5 *Tipo de medida*

Prevención y mitigación

7.1.1.1.6 *Acciones por desarrollar*

Selección de fuentes de suministro. La selección de las fuentes de suministro obedece a la necesidad de contar con fuentes confiables de carácter permanente que garanticen el suministro en todas las épocas del año.

Etapa de instalación

Para abastecer los requerimientos de agua del proyecto en la etapa de instalación para la zona de la planta de beneficio se realizará una (1) captación sobre la margen izquierda de la quebrada Venadero de la cual se tiene permiso de concesión, una (1) captación sobre la margen derecha de la quebrada El Salado y una captación sobre la quebrada Angosturas. La captación sobre la quebrada Venadero se hará a través de una bocatoma que estará ubicada en el sitio con coordenadas 1.309.837 N, 1.131.226 E. El agua captada será utilizada para consumo doméstico de la población flotante y permanente que estarán en las instalaciones administrativas y comedor que se ubicarán en la zona de la planta de beneficio. Una vez captada el agua se conducirá a un tanque de almacenamiento de agua cruda con una capacidad de 250 m³ y del tanque, se conducirá hasta la planta de tratamiento. El agua tratada se almacenará en un tanque con capacidad de almacenamiento para 2 días, con el fin de contemplar imprevistos y mantenimiento en la planta.

La segunda captación para la zona del campamento se hará sobre la quebrada El Salado mediante una bocatoma localizada cerca al sitio con coordenadas 1.303.020 N y 1.134.379 E. Esta captación proveerá el agua necesaria para el lavado del enrocado de la presa, limpieza de equipos, herramientas y materiales y para dotar de agua para consumo doméstico a la población flotante.

La tercera captación sobre la quebrada Angosturas será a través de una bocatoma localizada cerca al sitio con coordenadas aproximadas 1.308.548 N, 1.130.334 E. Esta agua será utilizada para transformación y beneficio de materiales en la concretera y trituradora.

Tratamiento de agua para consumo. El dimensionamiento de los sistemas de tratamiento obedece a los caudales de diseño que se presentan a continuación. Para la zona de la planta de beneficio, la capacidad requerida de la planta de tratamiento será de 13.6 g.p.m (0.86 lps) y para la zona del campamento el caudal a tratar será de 11.9 g.p.m (0.75 lps). Los sistemas constarán de un desarenador y un módulo de tipo compacto que deberá estar en capacidad de realizar continua y simultáneamente en una sola unidad, el tratamiento del caudal de diseño respectivo, con los procesos de mezcla de productos químicos, para coagulación, floculación y sedimentación acelerada. Igualmente deberá tener incorporados los procesos de filtración rápida y desinfección.

Los tratamientos de potabilización deberán garantizar una calidad mínima admisible de acuerdo con lo estipulado en la Resolución 2115 de 2007. El sistema deberá contar con contador de caudal que permitirá realizar el seguimiento periódico del consumo con el fin de tener un control sobre el mismo, y prevenir el desperdicio del recurso.

Etapa de operación

Para consumo doméstico en la zona de la planta de beneficio el agua se seguirá tomando de la quebrada Venadero en el sitio con coordenadas aproximadas 1.309.837 N, 1.131.226 E y en la zona del campamento el agua se tomará del embalse El Salado. Los caudales a captar corresponderán a 0.78 l/s de la quebrada Venadero y 0.16 l/s del embalse.

Para consumo industrial el agua se tomará de las quebradas Angostura en el sitio con coordenadas aproximadas 1.308.548 N, 1.130.334 E y de la quebrada Páez en el sitio con coordenadas aproximadas 1.130.360 N, 1.130.360 E y del embalse. Los caudales a captar corresponderán en invierno a: para la quebrada Angosturas 59 l/s, quebrada Páez 59 l/s y en época de verano se tomará del embalse.

El tratamiento de agua para consumo doméstico se hará en las plantas que vienen operando desde la etapa de instalación.

Caudales de diseño

Considerando una dotación de 120 l/hab/día para la población permanente y de 80 l/s para la población flotante, se calculan los caudales de diseño para los diferentes elementos del sistema de suministro para las zonas industrial y El Salado, teniendo en cuenta las recomendaciones del RAS-2000 (capítulos B.2.7, B.4.4, B.6.4).

Caudal medio diario – Qmd. El caudal medio diario por consumo humano (Qmd) se obtuvo del producto entre la dotación bruta y la población de diseño. Para la zona de la planta de beneficio es de 0.86 l/s y para la zona del Salado es de 0.75 l/s.

Caudal máximo diario – QMD. El caudal máximo diario (QMD) se obtiene de mayorar el caudal medio diario (Qmd) por un factor de 1,30. Para la zona de la planta de beneficio es de 1.12 l/s y para la zona del Salado es de 0.97 l/s.

Caudal máximo horario – QMH. El caudal máximo horario (QMH), se obtiene de mayorar el caudal máximo diario (QMD) por un factor de 1,60, con el fin de garantizar un adecuado suministro en las horas de máxima demanda. Para la zona de la planta de beneficio es de 1.28 l/s y para la zona del Salado es de 1.2 l/s.

Caudal captación. El caudal de diseño de las captaciones equivale a dos veces el caudal máximo diario (QMD), para el campamento el caudal de diseño de la captación es de 1.72 l/s.

Caudal de tratamiento de agua potable. El caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua para consumo corresponde al caudal medio diario (Qmd), más el agua requerida para aseo en la zona de campamentos e instalaciones industriales y la limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria en el área los talleres.

Según lo anterior, el caudal de diseño de la planta en la zona de la planta de beneficio corresponde a 0.93 l/s y para la zona del campamento de 0.79 l/s. En el capítulo 4 de demandas ambientales se presenta el esquema de la planta compacta de tratamiento de agua potable.

Distribución

Una vez tratada el agua será conducida a un tanque de almacenamiento, que distribuirá el agua hasta la zona de la planta de beneficio y el campamento.

El sistema de captación debe disponer de una estructura que permita aforar en cualquier momento los caudales de agua que están siendo captados y desviados hacia la zona de la planta de beneficio y el Salado, para lo cual se deben llevar registros permanentes.

El material resultante de las excavaciones para la construcción o mantenimiento de las obras se trasladará de manera inmediata a la zona de depósito más cercana, con el fin de evitar su arrastre hacia la fuente de abastecimiento. Por ningún motivo se debe permitir la disposición de basuras, material de excavación o adecuación de la infraestructura, en las quebradas o cercanías a éstas.

Se debe realizar uso racional de las aguas captadas y concesionadas, de acuerdo con lo indicado en el decreto de uso eficiente y ahorro del agua.

7.1.1.1.7 Cuantificación de la medida

Los caudales a captar en cada Quebrada corresponde a: 0.86 l/s en la zona de la planta de beneficio y de 0.75 l/s para el campamento en El Salado.

7.1.1.1.8 Lugar de aplicación

Puntos de captación sobre las quebradas Venadero, Páez, Angosturas y El Salado así como en el corredor que se utilizará para la conducción del agua desde la captación hasta las zonas industrial y el Campamento, taller y plantas de triturado y concreto.

7.1.1.1.9 Población beneficiada

Población permanente y flotante de la zona de la planta de beneficio y Campamento.

7.1.1.1.10 Mecanismos y estrategias participativas

Contratación de personal de la zona para la construcción de las obras.

7.1.1.1.11 Personal requerido

Para el diseño de las bocatomas se requiere un ingeniero hidráulico, mecánico y estructural.

7.1.1.1.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Efectividad del sistema de bombeo (pérdidas), que relaciona el caudal captado concesionado con el caudal que entra a la planta de tratamiento

Efectividad del sistema de tratamiento que relaciona la cantidad de agua concesionada sin tratar con la cantidad de agua tratada que cumpla con la normatividad.

7.1.1.1.13 Responsable de la ejecución

El Contratista encargado de la construcción es el directo responsable de la aplicación de las medidas de manejo.

7.1.1.1.14 Cronograma de ejecución

Durante la etapa de instalación y operación.

7.1.1.1.15 Cuantificación y costos

Este programa de manejo no implica costos adicionales a los ya considerados en los demás planes. Los costos de construcción de infraestructura para el suministro de agua potable, hace parte de los costos generales del proyecto.

7.1.1.2 Manejo de residuos líquidos domésticos, industriales y de proceso

7.1.1.2.1 Objetivos

Evitar la alteración de las características fisicoquímicas e hidrobiológicas de los cuerpos de agua receptores de los vertimientos industriales, domésticos y de proceso.

Definir el manejo de las aguas residuales industriales, domésticas y de proceso con el propósito de asegurar que las aguas residuales generadas por el proyecto cumplan los porcentajes de remoción exigidos por la legislación nacional.

7.1.1.2.2 Metas

Disponer las aguas servidas dando cumplimiento a la legislación colombiana sobre normas de vertimiento y control del recurso hídrico.

7.1.1.2.3 Etapa

Se implementará durante las fases de instalación y operación.

7.1.1.2.4 Impactos a controlar

Alteración de la calidad del agua de los cuerpos de agua receptores de los vertimientos como resultado de las actividades de las fases de instalación y operación del proyecto.

Considerando que el componente hídrico repercute en la mayor parte de los elementos del ecosistema, al realizar las obras de manejo ambiental para evitar el deterioro en la calidad de las aguas simultáneamente se manejan otros impactos, pérdida de cobertura vegetal y generación de inestabilidad y erosión.

7.1.1.2.5 Tipo de medida

Prevención y mitigación.

7.1.1.2.6 Acciones a desarrollar

Selección de la fuente receptora. La selección de la fuente receptora debe considerar que la afectación de la calidad por las cargas aportadas sean mínimas, aún en época seca donde los caudales de dilución pueden ser bajos.

Los vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y de proceso se efectuarán de la siguiente manera:

En la zona de la planta de beneficio, el vertimiento de agua residual doméstica se hará en la quebrada Venadero y en el campamento en la quebrada El Salado. Durante la operación el vertimiento de las aguas residuales domésticas del campamento se hará al embalse.

El vertimiento del agua industrial y de proceso en la zona de la planta de beneficio será en la quebrada Venaderos y en el campamento se hará a la quebrada El Salado en la etapa de instalación.

- Tratamiento de aguas residuales domésticas.

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas incluirá una trampa de grasas para el pretratamiento de las aguas residuales provenientes de la cocina y una planta compacta tipo lodos activados cuyo diseño se basa en las características del agua residual doméstica promedio, como es la concentración de DBO₅ y de sólidos totales.

Planta compacta para tratamiento de aguas residuales domésticas

La planta de aguas residuales domésticas tratará las aguas provenientes del campamento y la población flotante y fija que se encontrará en las instalaciones de la zona de la planta de beneficio (cocina, previo paso por la trampa de grasas y de los servicios sanitarios), con una carga orgánica contaminante representada en DBO₅, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo y coliformes totales.

Los caudales de tratamiento se establecen a partir de la dotación bruta, el número de personal asociado y un factor de retorno del 80%.

Los caudales de aguas residuales serán los siguientes:

- Aguas residuales domésticas en la zona de la planta de beneficio: 0.69 l/s
- Aguas residuales domésticas en el campamento: 0.6 l/s

El vertimiento de la trampa de grasas, junto con los generados en servicios sanitarios, será conducido por tubería a la planta compacta de lodos activados. El agua tratada puede ser utilizada en el riego de zonas verdes o vertida a las quebradas Venaderos y El Salado, siempre y cuando cumplan con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984.

En el capítulo 4 de demandas ambientales se presenta el esquema de la planta de tratamiento compacta de aguas residuales.

- Tratamiento de aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales del proyecto corresponden a las generadas por la operación del taller, la planta de trituración y el equipo de perforación. El tratamiento de los vertimientos generados en los talleres serán tratados en un separador API y para la planta de trituración y el equipo de perforación, se dispondrá de estructuras de sedimentación.

Se debe realizar mantenimiento periódico y continuo de estos sistemas con el fin de evitar derrames en caso de eventos de lluvia muy fuertes.

El material retenido en el sistema de control debe guardarse en una caneca y manejarse como residuo sólido peligroso.

El mantenimiento de vehículos y maquinaria se debe realizar en los talleres y zonas dispuestas para tal fin. En caso de llevarse a cabo trabajos de mantenimiento o reparaciones de algún equipo en un sitio diferente a los talleres se debe solicitar autorización a la Interventoría Ambiental teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- Cubrir el suelo con una lámina de plástico o material absorbente, para evitar derrames de productos químicos en suelo natural. El plástico o material absorbente debe ser manejado como residuo sólido peligroso.
- Realizar estas actividades a una distancia no menor de 30 m de cualquier cuerpo de agua.

- Tratamiento de las aguas residuales de procesos

Las aguas de proceso son las aguas que se generan como excedente del proceso de lixiviación. Los residuos líquidos del proceso de lixiviación son tratados en las plantas de tratamiento de exceso de aguas, llamadas EWTP, por sus siglas en Ingles. En el caso del proceso de flotación, este no genera residuos líquidos, ya que las aguas son recirculadas al mismo sistema de flotación para el tratamiento de mineral fresco.

Las aguas de contacto generadas por las actividades industriales de movimiento de tierra, principalmente en el frente de explotación del tajo y en el depósito de estériles tienen potencial de generación de acidez y serán tratadas en la planta de tratamiento de agua ácida AWTP. En la planta serán neutralizadas ajustando el pH, y recicladas al proceso de lixiviación en pilas. En caso de existir exceso de aguas, generado por las lluvias, estas aguas pueden ser descargadas al medio ambiente después de ajustar el pH (neutralizar), y precipitar los metales que estén por encima de los niveles permisibles.

7.1.1.2.7 Cuantificación de la medida

Caudal de aguas residuales domésticas en la zona de la planta de beneficio: 0.69 l/s

Caudal de aguas residuales domésticas del campamento El Salado: 0.6 l/s

7.1.1.2.8 Lugar de aplicación

Punto de generación de vertimientos domésticos e industriales (campamentos, taller, plantas de trituración y concreto) y su posterior descarga sobre las quebradas Venaderos, Angostura y El Salado, así como en el corredor que se utilizará para la conducción del agua desde el punto de recolección hasta la planta de tratamiento.

7.1.1.2.9 Población beneficiada

Población permanente y flotante de la zona de campamento e industrial.

7.1.1.2.10 Mecanismos y estrategias participativas-

Contratación de personal de la zona para la construcción de los sistemas.

7.1.1.2.11 Personal requerido

Para la operación y mantenimiento de las plantas se requiere de un tecnólogo ambiental.

7.1.1.2.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Efectividad del sistema de tratamiento, que se traduce en carga contaminante del afluente a la planta con respecto de la carga contaminante del efluente (% de remoción), que cumpla con el Decreto 1594/84.

7.1.1.2.13 Responsable de la ejecución

El Contratista encargado de la construcción es el directo responsable de la aplicación de las medidas de manejo.

7.1.1.2.14 Cronograma

Durante la etapa de planeación, instalación y operación.

7.1.1.2.15 Presupuesto

Los costos de éste programa corresponden a:

Tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas durante las fases de construcción y operación por un total de \$ 189.000.000.

El costo de las plantas de tratamiento de aguas ácidas y de excesos, están inducidos en el costos del proyecto.

7.1.1.3 Programa de manejo de la cantidad del recurso hídrico

7.1.1.3.1 Objetivos

Definir el manejo de las aguas de escorrentía sobre áreas intervenidas de la mina, para minimizar los impactos en los recursos hídricos, mediante sistemas de evacuación de aguas de escorrentía de las áreas aferentes al Botadero Móngora, el Tajo de explotación, y las Pilas de Lixiviación Angostura y Páez.

Prevenir la reducción potencial de caudales mínimos hacia aguas abajo del proyecto, como consecuencia de la pérdida de escorrentía en las áreas afectadas.

Racionalizar el uso del agua industrial, mediante la utilización de la escorrentía proveniente de las áreas afectadas (Botadero, Pads y Tajo), en el proceso de lixiviación.

Definir el manejo y racionalización de los caudales de aporte provenientes de los almacenamientos de agua subterránea en el área del tajo.

7.1.1.3.2 Metas

Manejar eficientemente las aguas de escorrentía mediante canales interceptores, canales conductores y alcantarillas circulares.

Establecer prácticas de manejo del agua de mina que permitan racionalizar de manera objetiva el uso del agua.

7.1.1.3.3 Etapas

Este programa se implementará desde la etapa de instalación y operación del proyecto.

7.1.1.3.4 Impactos por controlar

El principal impacto se busca controlar mediante el programa de manejo del recurso hídrico es la afectación cuantitativa del recurso hídrico.

7.1.1.3.5 Tipo de medida

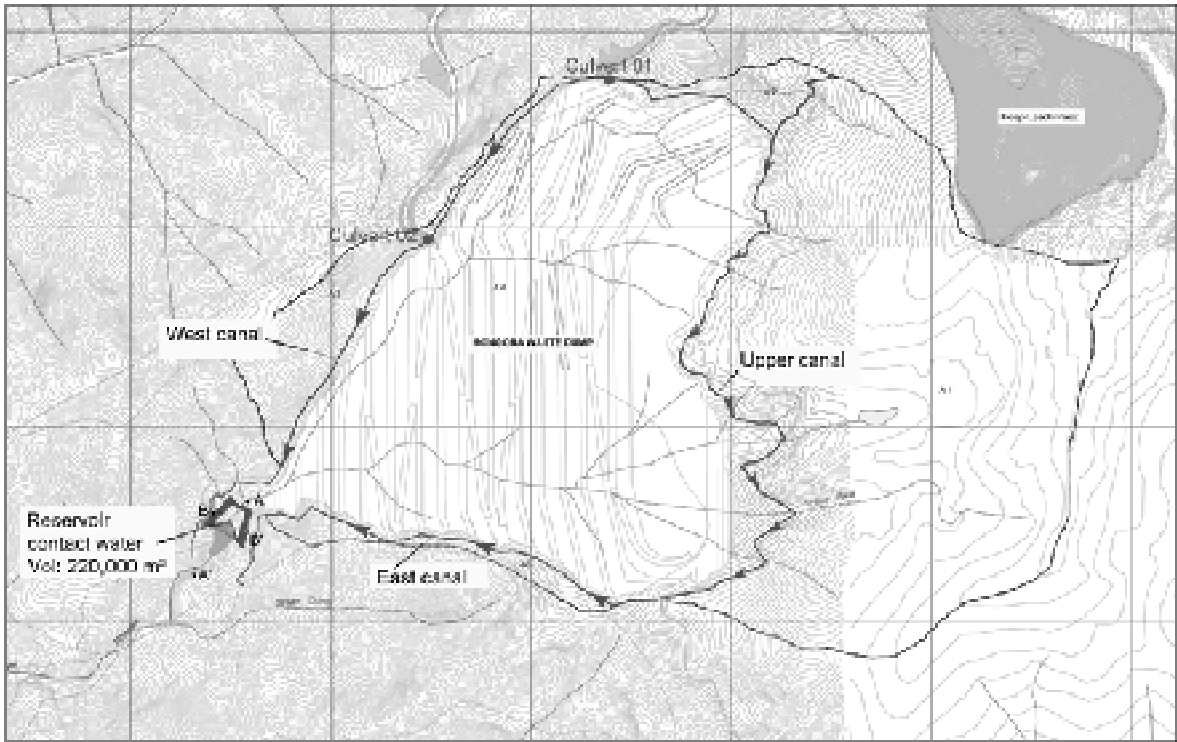
Compensación.

7.1.1.3.6 Acciones por desarrollar

- Manejo de aguas de escorrentía en el Botadero Móngora

En el botadero Móngora se construirán tres canales permanentes en tierra de sección trapezoidal con taludes 1:1 y ancho de fondo de 2,0 m. Dichos canales drenarán las aguas de escorrentía provenientes del área aferente al botadero como se presenta en la Figura 7.1-1. El canal superior (Upper canal) drenará un caudal aproximado de 32,0 m³/s correspondiente al área aferente A1, el canal occidental (West canal) drenará un caudal del orden de 10,4 m³/s correspondiente al área aferente A2 y tendrá 2 alcantarillas de paso en acero corrugado (Culvert 01 y Culvert 02) de 2,5 m de diámetro, finalmente el canal oriental (East canal) drenará un caudal aproximado de 37,7 m³/s correspondiente a las áreas aferentes A1 y A3. Las aguas captadas en los canales antes mencionados, se verterán en la quebrada Móngora, aguas arriba de la confluencia con la corriente Quinta.

Figura 7.1-1 Canales de drenaje de aguas superficiales en el Botadero Móngora



En la Tabla 7.1-1 se presentan las características hidráulicas de los canales y las alcantarillas circulares mencionadas anteriormente.

Tabla 7.1-1 Características hidráulicas de los canales de drenaje de aguas superficiales en el Botadero Móngora

Nombre del Canal o Alcantarilla	Desde (m)	Hasta (m)	Sección transversal (m)	Caudal de Diseño Q (m³/s)	L (m)	Ancho basal (m)	H en D (m)	Pendiente (‰)	Vol. (m³)
Canal Este	0	250	Trapezoidal	39.0	250	2	25	0.01	34
Canal Norte	0	439	Trapezoidal	10.4	439	2	15	0.01	25
Canal aguas arriba	0	412	Trapezoidal	38.7	412	2	25	0.01	35
Alcantarilla 05	0.74	0.78	Tubería de horm. corrugado	10.4	0.05		25		27
Alcantarilla 06	2.058	2.118	Tubería de horm. corrugado	10.4	0.05		25		27

- Manejo de aguas de infiltración en el Botadero Móngora

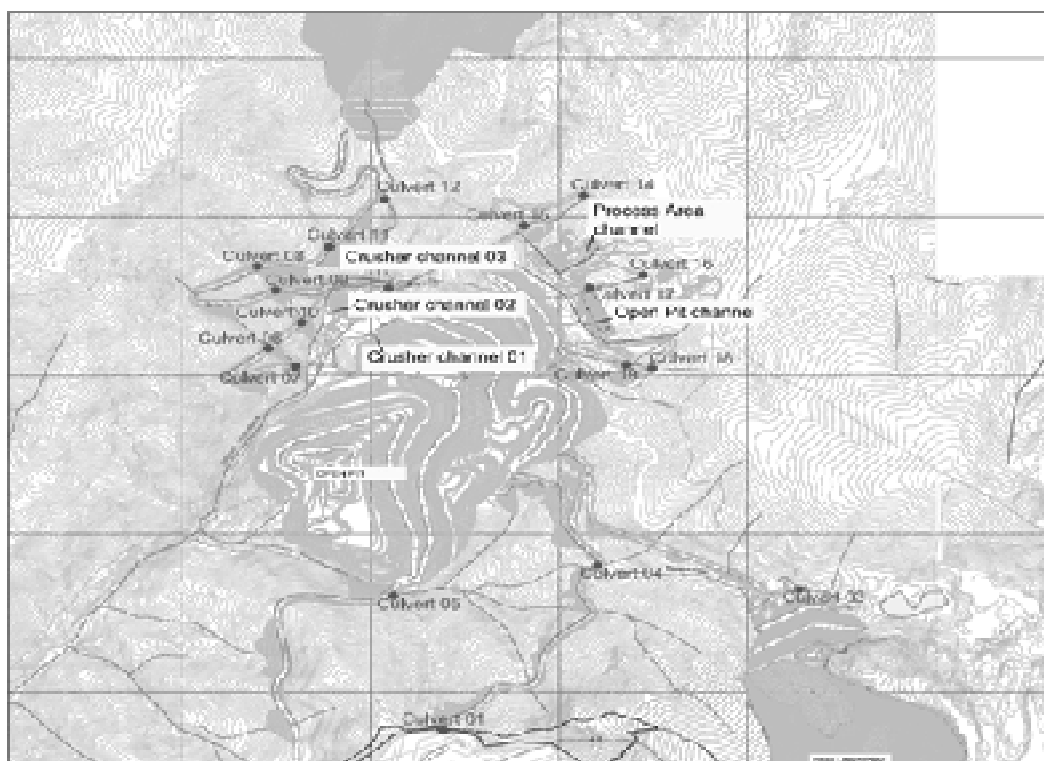
Con el objeto de manejar las posibles infiltraciones que se produzcan en el área del Botadero Móngora, se construirá un pozo de recolección en el cual se llevarán a cabo monitoreos orientados a definir la calidad de las aguas. Las acciones pertinentes al manejo de la posible contaminación se definirán como parte del plan de manejo de la calidad del recurso hídrico. No obstante, dadas las características hidráulicas determinadas para el Acuífero Batolito de Santa Bárbara – Jcs (unidad geológica predominante en el área del botadero) y en general para todas las unidades existentes

en el área del proyecto, las cuales permitieron concluir una baja interacción entre las aguas superficiales y los almacenamientos subterráneos, se puede inferir una baja probabilidad de infiltración.

- Manejo de aguas de escorrentía en el Tajo

El Tajo del proyecto Angostura se encuentra localizado en el centro del proyecto, entre las pilas de lixiviación Páez y Angostura. Su límite natural al noreste es la quebrada Angostura y al sur y sureste es la quebrada Páez. La interceptación de la escorrentía superficial que llega al tajo se realiza mediante cinco canales principales, que se encuentran ubicados en el perímetro del mismo. Además se induyen nueve alcantarillas a lo largo de las vías que unen el tajo con la pila de lixiviación Angostura, el área de trituración y el taller. En la Figura 7.1-2 se presenta la localización de los canales y las alcantarillas antes mencionadas.

Figura 7.1-2 Canales de drenaje de aguas superficiales en el Tajo



Así mismo, en la Tabla 7.1-2 se presentan las características hidráulicas de los canales y de las alcantarillas que drenan de aguas superficiales correspondientes a las áreas aferentes al Tajo.

Tabla 7.1-2 Características hidráulicas de las obras de drenaje de las aguas superficiales del Tajo

Nombre del Canal y Alcantarilla	Desde (km)	Hasta	Sección Transversal: Tipo	Caudal de diseño, Q (m³/s)	L	Ancho basal	Long (m)	Pendiente (‰)	Vel. (m/s)
		(km)			(km)	(m)			
Canal del tajo	0	0.74	Trapezoidal Piedra	0	0.74	1.5	1.5	0.001	2.22
Canal del tajo	0.74	1.01	Flanco conegado	0	0.27	-	2.5	-	2.61
Canal del tajo	1	1.29	Trapezoidal - Piedra	0	0.26	1.5	1.5	0.001	2.37
Canal Alcantarilla (K3)	0	0.15	Trapezoidal Piedra	0	0.150	2	2	0.001	2.68
Alcantarilla 14	0.15	0.22	Flanco conegado	4.3	0.07	-	1	-	4.32
Alcantarilla 15	0.25	0.64	Flanco conegado	10.7	0.00	-	1.2	-	10.91
Alcantarilla 16	0.16	0.22	Flanco conegado	2.7	0.06	-	1	-	7.04
Alcantarilla 18	0.18	0.25	Flanco conegado	4.7	0.057	-	1	-	7.36
Alcantarilla 19	0.3	0.46	Flanco conegado	4.7	0.16	-	1	-	7.27
Canal del tajo	0	0.74	Trapezoidal - Piedra	0	0.74	1.5	1.5	0.001	2.22
Canal del tajo	0.74	1.01	Flanco conegado	0	0.27	-	2.5	-	2.61

- Manejo de los Aportes de flujo provenientes de los almacenamientos de agua subterránea en el área del tajo

Como resultado del modelo numérico implementado para la definición de los caudales de aporte de aguas subterráneas al área del tajo durante la explotación, se estimó un caudal que varía entre 95 l/s y 75 l/s a través del desarrollo de las cuatro (4) etapas de explotación proyectadas (para detalles, véase el numeral 3.2.6 – Hidrogeología, del estudio de impacto ambiental). Estos aportes serán recolectados y recirculados hacia los procesos industriales que les requieran.

Debido a que se espera que los aportes modelados para cada etapa de explotación sean constantes a través del tiempo, se puede inferir que la capacidad de infiltración de las aguas que se precipiten directamente sobre el área del tajo es nula.

Se recomienda adelantar, durante el desarrollo de la explotación minera, estudios y monitoreos periódicos que permitan definir con un mayor grado de precisión el comportamiento de los caudales provenientes de los almacenamientos subterráneos.

- Manejo de aguas superficiales alrededor de las pilas de lixiviación.

Se han ubicado los canales de derivación de aguas de escorrentía a lo largo de la plataforma perimetral de las pilas de lixiviación. Dichos canales se construirán sobre una plataforma que sirve a la vez para ubicar el acceso perimetral de servicio, la plataforma de andaje de la geomembrana de la pila y la bema perimetral en cada una de las pilas de lixiviación, mostradas en la Figura 7.1-3 y la Figura 7.1-4.



Topographic map of the study area showing contour lines, elevation, and a scale bar. The map includes a scale bar indicating 0 to 1000 meters and a north arrow. The map shows the location of the study area relative to the surrounding terrain.

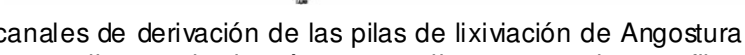


Figura 7.1-5: Sección transversal típica del canal de derivación y acceso de servicio para ambas Pilas de Lixiviación

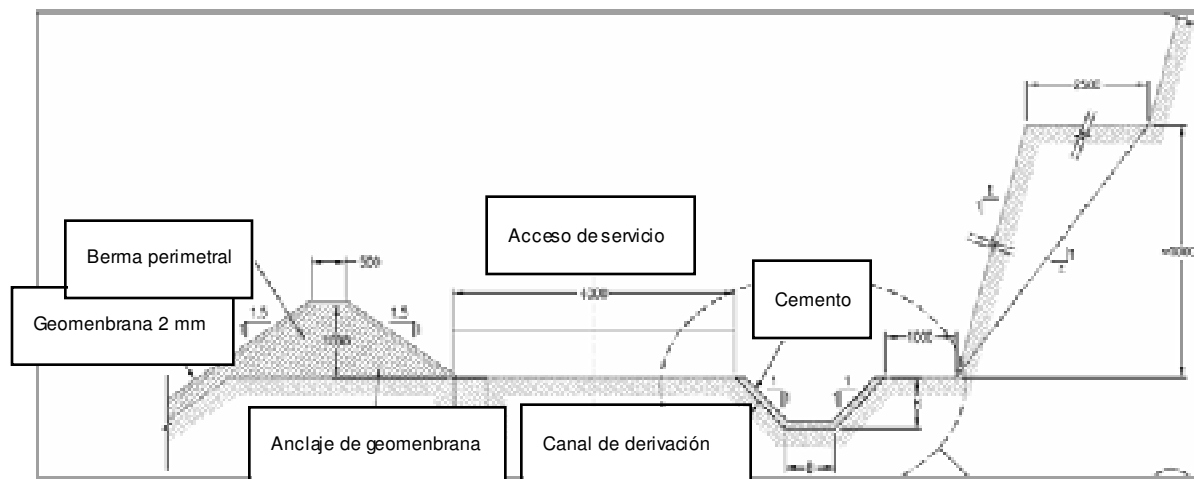


Tabla 7.1-3 Parámetros de diseño de canales de pilas de lixiviación

Parámetros de diseño de canales de derivación de aguas para pilas de Lixiviación			
Periodo de retorno de la tormenta de diseño – Iramo de los canales temporales	Años	100	
Periodo de retorno de la tormenta de diseño – Iramos del canal permanente	Años	500	
Revestimiento del canal de derivación permanente	Tipo	Cemento	
pendiente mínima – Canal	%	1	

Tabla 7.1-4 Descripción de los canales de derivación de las pilas de lixiviación

Característica	Angostura - Canal Oeste	Angostura – Canal Este	Páez – Canal Oeste	Páez- Canal Este
Longitud (km)	1,320	2,950	2,130	1,770
Máxima gradiente	48,0%	47,9%	36,6%	40,0%
Mínima gradiente	1,0%	1,0%	1,2%	1,5%
Tipo de sección	Trapezoidal	Trapezoidal	Trapezoidal	Trapezoidal
Ancho de la base (m)	0,6 – 1,2	0,6 – 1,8	0,6 – 1,2	0,6 – 1,0
Altura de canal (m)	0,6 – 0,8	0,6 – 1,4	0,6 – 1,2	0,6 – 1,0
Tipo de revestimiento	Cemento con roca	Cemento con roca	Cemento con roca	Cemento con roca
Ancho de revestimiento (m)	0,25	0,25	0,25	0,25

- Manejo de aguas de infiltración en las Pilas de Lixiviación Angostura y Páez

Para el manejo de las posibles infiltraciones que se presenten en las Pilas de Lixiviación Angostura y Páez, se implementaran las siguientes medidas:

-
1. Instalación del Sistema de sub-drenaje (los materiales necesarios para esta actividad son: grava para drenaje y tuberías del tipo “HDPE” de pared doble de diferente diámetro). El sistema de sub-drenaje captará las aguas subterráneas. Adicionalmente, se instalará un sistema de monitoreo para controlar la calidad de agua procedente del sistema de sub-drenaje. Este sistema está conformado por un grupo de tuberías sólidas de “HDPE” SDR 17 de 50 mm, perforadas y/o ranuradas en los primeros 20 m, y serán dirigidas junto con las tuberías de sub-drenaje principales hacia la poza de sub-drenaje ubicada aguas abajo de la poza de procesos.
 2. Colocación de una capa de 300 mm de suelo de baja permeabilidad (permeabilidad menor a 5×10^{-6} cm/s) en taludes menos empinados de 1.5H:1V o “GCL” (revestimiento geo-sintético de arcilla, conductividad Hidráulica de 5×10^{-11} m/s) para taludes más empinados de 1.5H:1V.
 3. Instalación de una geo-membrana del tipo “LLDPE” de 2 mm de espesor. En las pozas de solución se colocará doble geo-membrana de “HDPE” de 1.5 mm y una geo-net o geo-compuesto para el sistema de detección de fugas.
 4. Instalación del sistema de colección, el cual consiste en tuberías de “HDPE” de pared doble (interior lisa y exterior corrugada) de diferente diámetro y conducirán la solución hacia la poza de solución. La grava para drenaje se colocará alrededor de las tuberías principales, además de facilitar el drenaje de la solución hacia las tuberías de colección, provee protección al sistema de tuberías principales para disminuir las deflexiones en las mismas, producto del peso del mineral desde el carguío inicial hasta la configuración final de la pila.
 5. Colocación de una capa de 500 a 1,000mm de “overliner” (sobre-revestimiento), es una grava cuya finalidad es la de facilitar la colección de la solución, actuando como un elemento de drenaje y a la vez que de protección del sistema de revestimiento y las tuberías de colección de solución, para evitar posibles daños ocasionados por el sistema de transporte y esparcido del mineral en la pila de lixiviación.
- Racionalización del agua industrial.

Con el objetivo de racionalizar el agua industrial en los sitios de los PAD's, del Tajo y del Botadero, se empleará el siguiente programa:

Aprovechamiento del agua precipitable en los PAD's, en el Tajo y en el Botadero.

Recirculación del agua captada en los PAD's, en el Tajo y en el Botadero, hacia los procesos que la requieran.

Captación de agua de las quebradas Angostura, Páez y el embalse El Salado, en los períodos en los que el agua de recirculación no sea suficiente para suplir la demanda ocasionada por los procesos de lixiviación.

7.1.1.3.7 Cuantificación de la medida

- Manejo de aguas de escorrentía en el Botadero Móngora

Longitud de canales trapezoidales en tierra: 11,10 km

Longitud de alcantarillas circulares en acero corrugado: 0,11 km

- Manejo de aguas de escorrentía en el Tajo
-

Longitud de canales en tierra: 0,28 km

Longitud de canales en piedra: 1,63 km

Longitud de alcantarillas circulares en acero corrugado: 0,99 km

- Manejo de aguas de escorrentía en las pilas de lixiviación

Longitud de canales revestidos en cemento con roca: 8,17 km

- Manejo aguas subterráneas.

Longitud total aproximada de pozos de monitoreo: 300 m.

7.1.1.3.8 Lugar de aplicación

Este plan de manejo se implantará en el Botadero Móngora, Canchas de Lixiviación Angostura y Páez y el Tajo de Explotación.

7.1.1.3.9 Población beneficiada

De manera directa los beneficios serán sobre la población local.

7.1.1.3.10 Mecanismos y estrategias participativas

Contratar mano de obra de la zona para la construcción de las obras requeridas en el plan de manejo.

7.1.1.3.11 Personal requerido

Ingeniero de diseño hidráulico, Ingeniero de diseño Estructural, Ingeniero Geotecnista, Ingeniero Residente, Personal Técnico de Apoyo, Mano de obra no calificada.

7.1.1.3.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Se cuantificará periódicamente la longitud de canales construidos, estas longitudes se compararán con las cantidades esperadas dependiendo de la etapa de operación en la que se encuentra la explotación de la mina.

7.1.1.3.13 Responsable de la ejecución.

El directo responsable del plan de manejo es Greystar Resources Ltda.

7.1.1.3.14 Cronograma

En el cronograma general del proyecto se presenta la duración de las actividades correspondientes a este plan.

7.1.1.3.15 Presupuesto.

Los costos por la aplicación de las acciones descritas en esta medida de manejo están incluidos en los del proyecto.

7.1.1.4 Manejo para cruces viales de cuerpos de agua

7.1.1.4.1 *Objetivos*

No interferir el flujo de agua en los cauces que cruzan la vía de acceso principal y la vía de acarreo.

Definir parámetros de diseño para las obras de drenaje de las vías mencionadas anteriormente, para garantizar el tránsito del caudal por los cauces intervenidos.

7.1.1.4.2 *Metas*

Manejar las aguas de escorrentía de las áreas aferentes a las vías de acceso a las zonas de campamento, talleres, presa y obras anexas, mediante la construcción de las obras de drenaje requeridas.

Manejar los caudales de los ríos y quebradas que atraviesan las vías mediante la construcción de obras de drenaje adecuadas.

7.1.1.4.3 *Etapas*

La vía de acceso principal a las obras del proyecto, se ejecutarán en la etapa preliminar, mientras que la vía de acarreo se realizará en la fase de construcción del proyecto.

7.1.1.4.4 *Impacto ambiental*

Alteración de la calidad de agua de las corrientes superficiales que atraviesan las vías proyectadas, considerando que durante la construcción de éstas obras estarían aportando sedimentos.

La construcción de las obras de drenaje, pueden ocasionar inestabilidad y erosión en el tramo intervenido, mientras se modifican las condiciones alteradas de los taludes involucrados.

7.1.1.4.5 *Tipo de medida*

Este programa considera medidas de prevención y mitigación

Dentro de las medidas de prevención se definirán aquellas que permitan mantener el flujo de las corrientes en las condiciones más parecidas a las naturales evitando modificaciones drásticas que alteren su dinámica geomorfológica.

Las medidas de mitigación están concebidas como obras de drenaje diseñadas de tal forma que la variación de la sección transversal y de la pendiente del cauce sean mínimas, con tendencia a mantener el cauce en condiciones naturales.

7.1.1.4.6 *Acciones por desarrollar*

Medidas para conducir las aguas de manera adecuada en los cruces de la vía de acceso principal al proyecto y las vías de acarreo con quebradas y ríos.

Se debe considerar que el área donde quedarán las vías de acceso a las obras cruzan depresiones que drenan la escorrentía que se produce solamente en épocas de lluvias. El resto del año estos drenajes permanecen secos.

Las medidas generales para el manejo de los cauces en estas áreas son:

-
- El corredor destinado para las vías debe demarcarse exactamente, en especial en la zona de cruce de quebradas y vías.
 - Se deben tener las dimensiones y tipo de obras de drenaje a construir en cada cruce y ajustarlas de acuerdo con la topografía y las condiciones reales encontradas en el terreno, tratando de intervenir lo menos posible el cauce y así mantener las condiciones naturales en el sitio de cruce (sección transversal y pendiente).
 - La pendiente de las cunetas debe ser igual a la pendiente longitudinal de la vía, esto garantiza el drenaje del agua que cae directamente sobre la vía y que es conducida hacia las estructuras de recolección para posteriormente ser evacuada por la alcantarilla.
 - Las alcantarillas a la entrada y a la salida deben tener aletas de protección para garantizar la estabilidad de la obra.
 - Las alcantarillas con pendientes altas se diseñaron con estructuras de disipación de energía, con el fin de evitar la socavación aguas abajo de estas.

Ubicación y tipo de obra de drenaje

A continuación se presenta la ubicación y el tipo de obra de drenaje utilizada para la vía de acceso principal y la vía de acarreo. Las coordenadas que se presentan están referenciadas al sistema IGAC.

- Vía principal No 1.

La vía principal No 1 cruza aproximadamente 119 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1299893,192	1133081,420	Alcantarilla
2	1299944,239	1133081,089	Alcantarilla
3	1300113,141	1132987,901	Alcantarilla
4	1300300,367	1132869,655	Alcantarilla
5	1300310,446	1132909,174	Alcantarilla
6	1300280,660	1133042,614	Alcantarilla
7	1300387,945	1133086,394	Alcantarilla
8	1300579,917	1133137,275	Alcantarilla
9	1300683,592	1133099,508	Alcantarilla
10	1300838,509	1133031,299	Alcantarilla
11	1300971,023	1133058,261	Alcantarilla
12	1301032,493	1133097,895	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
13	1301195,269	1133203,043	Alcantarilla
14	1301273,350	1133430,965	Alcantarilla
15	1301384,164	1133497,261	Alcantarilla
16	1301428,564	1133543,730	Alcantarilla
17	1301508,626	1133632,510	Alcantarilla
18	1301415,535	1134027,570	Alcantarilla
19	1301437,683	1134119,813	Alcantarilla
20	1301587,549	1134110,879	Alcantarilla
21	1301764,205	1133940,732	Alcantarilla
22	1301931,539	1133915,818	Alcantarilla
23	1301973,681	1133732,877	Alcantarilla
24	1301988,812	1133576,244	Alcantarilla
25	1302091,161	1133561,081	Alcantarilla
26	1302278,289	1133554,331	Alcantarilla
27	1302451,299	1133653,192	Alcantarilla
28	1302447,066	1133563,602	Alcantarilla
29	1302404,907	1133397,936	Alcantarilla
30	1302317,777	1133237,517	Alcantarilla
31	1302237,215	1133176,594	Alcantarilla
32	1302132,138	1133125,838	Alcantarilla
33	1302045,996	1133044,432	Alcantarilla
34	1302033,284	1132932,488	Alcantarilla
35	1302008,623	1132804,464	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
36	1301869,636	1132743,761	Alcantarilla
37	1301823,690	1132655,367	Alcantarilla
38	1301824,089	1132540,879	Alcantarilla
39	1301768,079	1132506,083	Alcantarilla
40	1301752,121	1132358,406	Alcantarilla
41	1301777,103	1132157,977	Alcantarilla
42	1301787,395	1132031,661	Alcantarilla
43	1301857,312	1131859,076	Alcantarilla
44	1301783,348	1131679,190	Alcantarilla
45	1301849,638	1131543,597	Alcantarilla
46	1302080,082	1131390,286	Alcantarilla
47	1302146,392	1131526,544	Alcantarilla
48	1302241,127	1131576,409	Alcantarilla
49	1302400,695	1131569,014	Alcantarilla
50	1302529,315	1131574,093	Alcantarilla
51	1302514,826	1131736,520	Alcantarilla
52	1302576,317	1131896,283	Alcantarilla
53	1302669,411	1131957,882	Alcantarilla
54	1302786,170	1132017,744	Alcantarilla
55	1302893,607	1132082,045	Alcantarilla
56	1303045,945	1132071,446	Alcantarilla
57	1303172,739	1132023,431	Alcantarilla
58	1303331,662	1132126,574	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
59	1303460,338	1131988,362	Alcantarilla
60	1303596,200	1131943,914	Alcantarilla
61	1303723,791	1131889,820	Alcantarilla
62	1303789,010	1131779,776	Alcantarilla
63	1303940,279	1131783,488	Alcantarilla
64	1304037,495	1131688,482	Alcantarilla
65	1304140,864	1131694,397	Alcantarilla
66	1304186,383	1131832,103	Alcantarilla
67	1304227,416	1131973,921	Alcantarilla
68	1304258,874	1132119,033	Alcantarilla
69	1304309,903	1132216,629	Alcantarilla
70	1304427,979	1132200,812	Alcantarilla
71	1304505,229	1132343,066	Alcantarilla
72	1304600,699	1132505,668	Alcantarilla
73	1304674,453	1132397,717	Alcantarilla
74	1304725,177	1132257,879	Alcantarilla
75	1304822,672	1132327,596	Alcantarilla
76	1304915,081	1132403,384	Alcantarilla
77	1305015,026	1132510,513	Alcantarilla
78	1305209,893	1132361,952	Alcantarilla
79	1305194,865	1132197,699	Alcantarilla
80	1305402,056	1132046,414	Alcantarilla
81	1305617,833	1132138,234	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
82	1305742,912	1132174,288	Alcantarilla
83	1305928,606	1132385,677	Alcantarilla
84	1306135,278	1132355,525	Alcantarilla
85	1306200,817	1132286,923	Alcantarilla
86	1306333,048	1132259,311	Alcantarilla
87	1306469,098	1132288,661	Alcantarilla
88	1306573,784	1132387,463	Alcantarilla
89	1306678,001	1132449,553	Alcantarilla
90	1306777,925	1132400,256	Alcantarilla
91	1306941,771	1132491,729	Alcantarilla
92	1306984,610	1132653,955	Alcantarilla
93	1307071,537	1132685,137	Alcantarilla
94	1307149,829	1132780,053	Alcantarilla
95	1307363,204	1132844,464	Alcantarilla
96	1307273,317	1133081,328	Alcantarilla
97	1307305,183	1133253,347	Alcantarilla
98	1307345,119	1133378,815	Alcantarilla
99	1307431,943	1133496,084	Alcantarilla
100	1307531,596	1133554,176	Alcantarilla
101	1307625,759	1133474,663	Alcantarilla
102	1307717,149	1133466,643	Alcantarilla
103	1307747,362	1133340,967	Alcantarilla
104	1307808,786	1133243,480	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
105	1307890,819	1133120,942	Alcantarilla
106	1307943,220	1133090,522	Alcantarilla
107	1307994,406	1132976,062	Alcantarilla
108	1308054,424	1132868,971	Alcantarilla
109	1308279,089	1132858,728	Alcantarilla
110	1308338,644	1132836,164	Alcantarilla
111	1308323,802	1132752,202	Alcantarilla
112	1308372,085	1132672,251	Alcantarilla
113	1308502,495	1132702,166	Alcantarilla
114	1308641,019	1132679,402	Alcantarilla
115	1308728,529	1132618,190	Alcantarilla
116	1308884,434	1132701,738	Alcantarilla
117	1309016,305	1132806,091	Alcantarilla
118	1309165,605	1132813,292	Alcantarilla
119	1309312,410	1132797,274	Alcantarilla

- Vía principal No 2.

La vía principal No 2 cruza aproximadamente 22 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1307519,791	1129356,687	Alcantarilla
2	1307524,111	1129291,228	Alcantarilla
3	1307271,755	1129074,547	Alcantarilla
4	1307222,523	1128915,433	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
5	1307204,811	1128798,440	Alcantarilla
6	1307275,632	1128795,118	Alcantarilla
7	1307309,250	1128944,744	Alcantarilla
8	1307395,330	1129080,210	Alcantarilla
9	1307451,121	1129036,676	Alcantarilla
10	1307409,421	1128915,556	Alcantarilla
11	1307506,005	1128813,468	Alcantarilla
12	1307579,976	1128947,331	Alcantarilla
13	1307670,710	1129083,007	Alcantarilla
14	1307851,736	1129187,425	Alcantarilla
15	1307999,672	1129344,296	Alcantarilla
16	1308153,444	1129519,359	Alcantarilla
17	1308220,582	1129589,742	Alcantarilla
18	1308405,112	1129820,721	Alcantarilla
19	1308540,108	1130100,034	Alcantarilla
20	1308725,663	1130186,126	Alcantarilla
21	1308919,115	1130337,542	Alcantarilla
22	1309014,725	1130571,207	Alcantarilla

- **Vía de acarreo**

La vía de acarreo cruza aproximadamente 83 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
---------	-------	------	--------------

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1306183,205	1130407,379	Box culvert
2	1306574,193	1130606,008	Box culvert
3	1306828,167	1130574,437	Box culvert
4	1306996,153	1130500,597	Box culvert
5	1307558,406	1130536,680	Box culvert
6	1307590,612	1130742,770	Box culvert
7	1307568,493	1130886,739	Box culvert
8	1307565,054	1130967,455	Box culvert
9	1307626,698	1131099,244	Box culvert
23	1306789,459	1131381,929	Box culvert
24	1307030,120	1131837,003	Box culvert
25	1307247,259	1131929,012	Box culvert
26	1307391,084	1132062,381	Box culvert
27	1307515,301	1132181,555	Box culvert
28	1307761,672	1132182,366	Box culvert
29	1307916,306	1132141,561	Box culvert
30	1308184,537	1132031,993	Box culvert
31	1308302,082	1132017,205	Box culvert
32	1308334,312	1131902,015	Box culvert
33	1308342,210	1131864,037	Box culvert
34	1308358,115	1131780,177	Box culvert
35	1307629,521	1133262,746	Box culvert
36	1307681,935	1133217,748	Box culvert

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
37	1307615,053	1133173,165	Box culvert
38	1307603,717	1133076,825	Box culvert
39	1307662,857	1133057,590	Box culvert
40	1307723,935	1132971,706	Box culvert
41	1307765,800	1132891,634	Box culvert
42	1307785,380	1132846,884	Box culvert
43	1307865,069	1132655,315	Box culvert
44	1307926,576	1132507,453	Box culvert
45	1308281,073	1132170,489	Box culvert
46	1308288,379	1132127,139	Box culvert
47	1308405,788	1132161,819	Box culvert
48	1308488,743	1132083,400	Box culvert
49	1309076,317	1131964,528	Box culvert
50	1309069,554	1131981,344	Box culvert
51	1309032,173	1132055,803	Box culvert
52	1309011,323	1132097,333	Box culvert
53	1309038,591	1132149,783	Box culvert
54	1309087,415	1132092,030	Box culvert
55	1309141,884	1132027,601	Box culvert
56	1309174,731	1132049,863	Box culvert
57	1309129,596	1132183,596	Box culvert
58	1309091,997	1132295,000	Box culvert
59	1309034,326	1132363,409	Box culvert

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
60	1308995,540	1132448,849	Box culvert
61	1309021,710	1132470,011	Box culvert
62	1309222,929	1132597,025	Box culvert
63	1309234,438	1132561,139	Box culvert
64	1309057,970	1130606,791	Box culvert
65	1309168,599	1130464,193	Box culvert
66	1309329,846	1130634,678	Box culvert
67	1309545,656	1130946,698	Box culvert
68	1309590,496	1130941,990	Box culvert
69	1309525,410	1130492,953	Box culvert
70	1309454,216	1130213,336	Box culvert
71	1309452,898	1130110,887	Box culvert
72	1309513,514	1130059,794	Box culvert
73	1309593,770	1130248,445	Box culvert
74	1309673,859	1130390,496	Box culvert
75	1309699,291	1130504,657	Box culvert
76	1309807,139	1130788,065	Box culvert
77	1309970,839	1130917,021	Box culvert
78	1310173,928	1131019,743	Box culvert
79	1310242,143	1130957,557	Box culvert
80	1310193,406	1130659,801	Box culvert
81	1310293,698	1130595,519	Box culvert
82	1310263,319	1130681,158	Box culvert

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
83	1310338,347	1130846,049	Box culvert

Criterios de diseño

La estimación de los caudales de diseño se realizó teniendo en cuenta que la siguientes metodología: para áreas de drenaje inferiores a 2,5 km², se aplicó el método racional; y para áreas de drenaje mayores a 2,5 km², se aplicaron modelos lluvia – escorrentía. El tiempo de concentración mínimo adoptado fue de 15 minutos.

Para el dimensionamiento de las obras de drenaje para la vía de acceso se utilizaron los siguientes criterios:

- Para determinar las dimensiones de alcantarillas circulares y en cajón, se verificó en primer lugar la ubicación del control hidráulico, ya que de esto depende el criterio hidráulico de diseño. Cuando el control hidráulico se localiza a la entrada, es decir, que la pendiente de la obra origina flujo supercrítico, la altura crítica se ubica a la entrada de la obra, y para su dimensionamiento se considera la geometría de la entrada, las pérdidas hidráulicas en la misma y las condiciones del cauce a la entrada de la obra, remanso y velocidad de aproximación. Cuando el control hidráulico se localiza a la salida, es decir, que la pendiente de la obra origina flujo subcrítico, la altura crítica se ubica a la salida y para el dimensionamiento de la obra se considera el remanso originado dentro de ella como resultado de la rugosidad del conducto y las pérdidas hidráulicas a la entrada de la obra.
- Las obras de drenaje pueden tener aletas a la entrada o caja de acuerdo si está localizada en terraplén o en corte, construidas en concreto reforzado. Las estructuras de salida siempre tendrán aletas en concreto reforzado.

Es importante tener en cuenta que las cunetas se deben proyectar de acuerdo con los cortes y terraplenes que puedan tener la vía, y las cajas donde llegan las cunetas tendrán separación aproximada de 100 m, sin embargo, el contratista debe verificar esta distancia de acuerdo con las pendientes de la vía.

7.1.1.4.7 Lugar de aplicación

A lo largo de todo el eje vial a construir para ingreso al sitio de obras y las vías de acarreo.

7.1.1.4.8 Población beneficiada

Se considera que la población beneficiada con la implementación de éste programa de manejo corresponde a la localizada aguas abajo de los puntos de entrega de efluentes tratados o cauces intervenidos, así como el personal asociado al desarrollo del proyecto dentro del área donde se ejecutarán los trabajos.

7.1.1.4.9 Mecanismos y estrategias participativas

Contratar mano de obra de la zona para la construcción de las obras requeridas en el plan de manejo.

7.1.1.4.10 Personal requerido

Ingeniero de diseño hidráulico, Ingeniero de diseño Estructural, Ingeniero Geotecnista, Ingeniero Residente, Personal Técnico de Apoyo, Mano de obra no calificada.

7.1.1.4.11 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Se cuantificará periódicamente las obras de drenajes dependiendo el cronograma propuesto.

7.1.1.4.12 Responsable de la ejecución.

El directo responsable del plan de manejo es Greystar Resources Ltda.

7.1.1.4.13 Cronograma de ejecución

Durante la etapa de preconstrucción, construcción y operación.

7.1.1.4.14 Cuantificación y costos

Los costos de la implementación de las obras de arte que hacen parte de la construcción de vías, están considerados dentro de los costos generales del proyecto.

7.1.2 Programa de manejo de calidad de aguas en el embalse y aguas abajo

7.1.2.1 Objetivos

Reducir la probabilidad de deterioro de la calidad del agua del embalse mediante implementación de medidas tendientes a reducir los aportes de materia orgánica, nutrientes, sedimentos y prevenir la propagación de macrófitas en el embalse.

7.1.2.2 Metas

Reducir el aporte de nutrientes al embalse que se generarán por la descomposición de la materia orgánica que será inundada.

Control de la población de macrófitas que puedan establecerse en el embalse

7.1.2.3 Etapas

Este programa de manejo se implementará en las etapas de instalación (llenado del embalse) y operación del proyecto.

7.1.2.4 Impacto ambiental

Alteración de la calidad del agua en el embalse.

Regulación del régimen de caudales durante el llenado y la operación.

7.1.2.5 Tipo de medida

Prevención y control

7.1.2.6 Acciones por desarrollar

7.1.2.6.1 *Adecuación del vaso del embalse*

Cuando se inicie el llenado del embalse, la acumulación de materia orgánica autóctona y la descomposición de la vegetación y suelos inundados puede provocar disminuciones en la concentración de oxígeno disuelto en el agua e incrementar la concentración de nutrientes.

Las experiencias de embalses construidos en Colombia y otros países (Donato y Duque, 1987), indican claramente los efectos negativos que acarrea en la calidad de las aguas de los embalses, el hecho de no remover la vegetación en la zona de inundación previo al llenado del embalse resultado del consumo de oxígeno utilizado en la descomposición de la cobertura vegetal, principalmente en aquellas estructuras de rápida descomposición (hojas, pastos, tejidos suaves).

De otra parte la remoción previa de la vegetación en el área que será embalsada minimiza la muerte de la fauna terrestre, pues se obliga a su desplazamiento de la zona mediante destrucción paulatina y controlada de sus hábitats.

Adicionalmente la adecuación del vaso del embalse disminuye la pérdida de madera, leña y cosechas mediante su aprovechamiento y rescate de semillas y plántulas de especies representativas de la región. El material vegetal rescatado cobra importancia en su utilización para el establecimiento de áreas de compensación y conservación y franja de protección del embalse, como se describe en el programa de manejo de la cobertura vegetal.

De manera complementaria a lo mencionado anteriormente, la adecuación del vaso del embalse, evita el deterioro estético del mismo.

7.1.2.6.2 *Control de crecimiento de macrófitas acuáticas*

Esta medida busca prevenir la superpoblación de macrófitas acuáticas como el buchón (*Eichornia crassipes*), con consecuencias importantes en los procesos de eutroficación si se permite su proliferación.

En caso de identificarse el desarrollo de cobertura de macrófitas en el embalse, se aplicarán medidas de control para su aislamiento y extracción así: Implementación de un bloqueo físico mediante una estructura flotante ubicada transversalmente al flujo de agua en las zonas de bahía donde se detecte la presencia de macrófitas flotantes, con el fin de lograr su retención y posterior retiro manual.

La estructura consistirá en tubos de PVC de 2" de diámetro, sellados y zunchados a dos manilas de acero, de manera que se le pueda dar la longitud necesaria correspondiente con la zona del embalse donde se realizará la retención de las macrófitas flotantes. En la Figura 7.1-6 se muestra el sistema de tubos instalado en los embalses de Tominé y Muña, y la retención de buchón que el sistema realiza.

Figura 7.1-6 Estructura para el control de dispersión de buchón de agua en los embalses de Tominé (izquierda) y Muña (derecha)



Mediante la implementación de estas estructuras, las macrófitas acumuladas pueden removerse de forma manual, y se evita su dispersión y propagación en otras zonas del embalse. Es necesario realizar monitoreo permanente para realizar el retiro del material vegetal con la frecuencia adecuada, para evitar que las macrófitas superen la barrera y se distribuyan en el espejo de agua.

Sin embargo, es probable que estas puedan crecer aguas abajo del sitio de la estructura, por germinación de semillas dispersadas por aves o el viento. Se requiere un monitoreo permanente del embalse para que en caso de presentarse una mancha importante se realicen actividades de aislamiento y retiro manual. El aislamiento se hará por arrastre para confinar las macrófitas en una zona más o menos cerrada del embalse y proceder allí a su retiro y disposición.

Cuando sea necesario cosechar o retirar las macrófitas atrapadas en las estructuras, se buscará un terreno adecuado para extender el material vegetal cosechado, con el fin de deshidratarlo. Una vez se alcance un nivel de deshidratación adecuado que permita su movilización, se enterrará el material en zanjones naturales específicamente seleccionados para el caso, cubriéndolo con material de suelo para evitar la generación de problemas sanitarios.

7.1.2.7 Lugar de aplicación

La adecuación del vaso del embalse se aplica en la zona de inundación, el control de crecimiento de macrófitas se aplica en el embalse.

7.1.2.8 Población beneficiada

La implementación de estas medidas de manejo beneficiará a las personas que transiten por las vías cercanas al proyecto, los propietarios o moradores próximos al mismo, así como aguas abajo del embalse.

7.1.2.9 Mecanismos y estrategias participativas

El manejo deberá incluir la contratación de personal la zona para la realización de las actividades.

7.1.2.10 Personal requerido

Para la adecuación del vaso del embalse, se trabajará con un ingeniero forestal, topógrafo y tecnólogo ambiental y operarios.

Para el control de macrófitas se trabajará con un operario.

7.1.2.11 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

La efectividad del manejo de los restos vegetales flotantes, se establecerá con base en la relación de cobertura de restos flotantes contra cobertura retirada.

7.1.2.12 Responsable de la ejecución

Todas las actividades indicadas en este programa de manejo son responsabilidad de GREYSTAR.

7.1.2.13 Cronograma de ejecución

La limpieza del vaso del embalse se ejecutará durante el periodo de instalación del proyecto, previo al llenado del embalse.

El control del crecimiento de macrófitas acuáticas es una actividad que se deben realizar desde que inicia el llenado del embalse y durante toda la operación del proyecto. La frecuencia con la que se realizarán inspecciones visuales de la aparición de macrófitas será quincenal.

7.1.2.14 Presupuesto

El costo del programa de manejo es de \$ 74.321.000.

7.1.3 Programa de manejo de la calidad del agua subterránea

7.1.3.1 Objetivos

Definir el manejo de las aguas de infiltración con algún contenido de sustancias químicas provenientes de las pilas de lixiviación, para minimizar los impactos en los recursos hídricos, en los ecosistemas acuáticos y en el suelo.

Impedir la contaminación ambiental en caso de que se produzcan fugas.

Definir el manejo y racionalización de los caudales de aporte provenientes de los almacenamientos de agua subterránea en el área del tajo.

7.1.3.2 Metas

Evitar la contaminación de las aguas y el suelo por efectos de migración de aguas con sustancias químicas provenientes de las pilas de lixiviación.

7.1.3.3 Etapas

Este programa se implementará desde la etapa de instalación y operación del proyecto.

7.1.3.4 Impactos por controlar

El principal impacto se busca controlar mediante el programa de manejo del recurso hídrico es la afectación de la calidad del agua subterránea y la afectación de la calidad del agua superficial.

7.1.3.5 Acciones por desarrollar

- **Manejo de aguas cianuradas en las Pilas de Lixiviación Angostura y Páez**

Estas acciones hacen parte del diseño del sistema de confinamiento de las pilas, cuyos criterios de diseño de este conjunto de componentes, se resumen a continuación:

Las pilas de lixiviación están diseñadas para que funcionen en forma totalmente aislada de las instalaciones y terrenos que las rodean, de manera que la solución cianurada se mantenga confinada o salga completamente controlada, hacia sitios específicos, sin entrar en contacto con las aguas naturales existentes fuera de su periferia

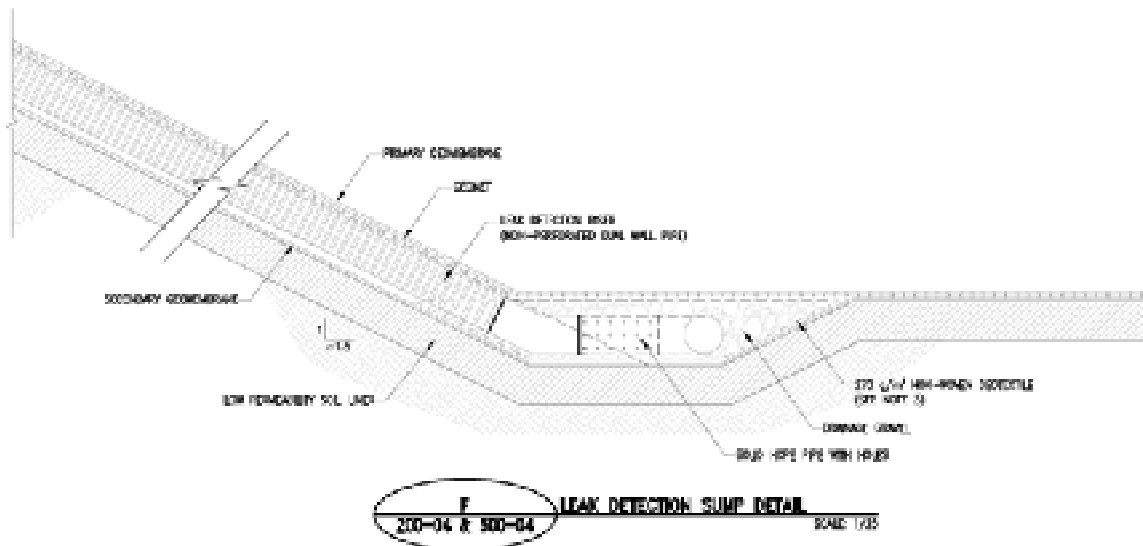
La superficie de fundación de las canchas de lixiviación, por lo general ondulada, se regulariza mediante excavaciones y rellenos compactados, y pendientes comprendidas entre 2 y 4 %, para permitir el drenaje por gravedad de los lixiviados hacia su punto más bajo, donde el sistema de tuberías para recolección de la solución la entrega a los colectores principales ubicados en el fondo del valle, que la conducen luego hasta las pozas de operación y eventos menores de la mina.

Las pilas de lixiviación incluyen debajo de la capa impermeable un sistema de subdrenaje para la captación y monitoreo de las aguas, debajo de la pila de lixiviación. Los componentes del sistema de sub-drenaje son: grava para drenaje y tuberías del tipo "HDPE" de pared doble de diferente diámetro). Adicionalmente, se instalará un sistema de monitoreo para controlar la calidad de agua procedente del sistema de sub-drenaje. Este sistema está conformado por un grupo de tuberías sólidas de "HDPE" SDR 17 de 50 mm, perforadas y/o ranuradas en los primeros 20 m, y serán dirigidas junto con las tuberías de sub-drenaje principales hacia la poza de sub-drenaje ubicada aguas abajo de la poza de procesos. En las figuras que aparecen a continuación se muestra el corte del sistema de subdrenaje.

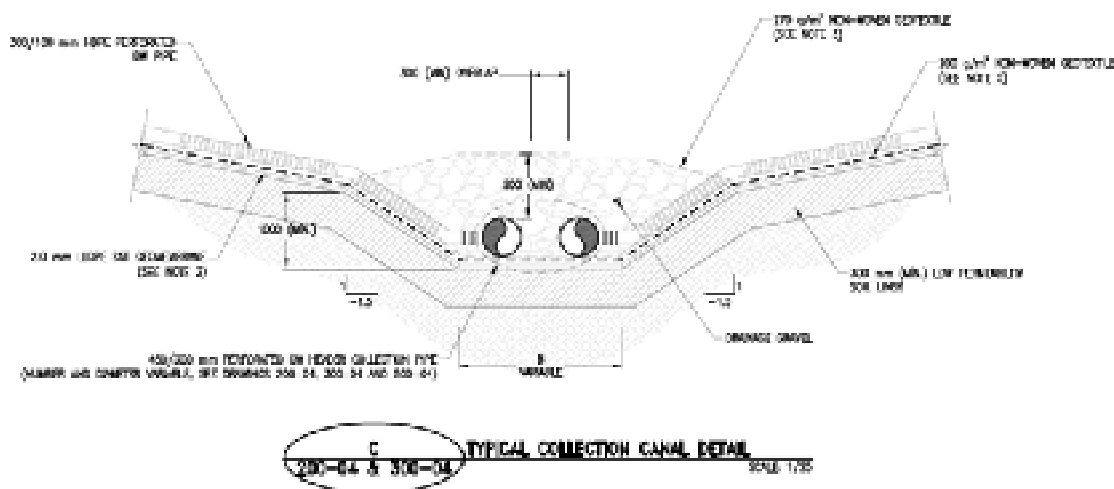
Figura 7.1-7 Corte del sistema de drenaje



- Colocación de una capa de 300 mm de suelo de baja permeabilidad (permeabilidad menor a 5×10^{-6} cm/s) en taludes menos empinados de 1.5H:1V o "GCL" (revestimiento geo-sintético de arcilla, conductividad Hidráulica de 5×10^{-11} m/s) para taludes más empinados de 1.5H:1V.
- Instalación de una geo-membrana del tipo "LLDPE" de 2 mm de espesor. En las pozas de solución se colocará doble geo-membrana de "HDPE" de 1.5 mm y una geo-net o geo-compuesto para el sistema de detección de fugas, tal y como se ilustra en la siguiente figura.



- Instalación del sistema de colección, el cual consiste en tuberías de "HDPE" de pared doble (interior lisa y exterior corrugada) de diferente diámetro y conducirán la solución hacia la poza de solución. La grava para drenaje se colocará alrededor de las tuberías principales, además de facilitar el drenaje de la solución hacia las tuberías de colección, provee protección al sistema de tuberías principales para disminuir las deflexiones en las mismas, producto del peso del mineral desde el carguío inicial hasta la configuración final de la pila.
- Colocación de una capa de 500 a 1,000mm de "overliner" (sobre-revestimiento), es una grava cuya finalidad es la de facilitar la colección de la solución, actuando como un elemento de drenaje y a la vez que de protección del sistema de revestimiento y las tuberías de colección de solución, para evitar posibles daños ocasionados por el sistema de transporte y esparcido del mineral en la pila de lixiviación.



Adicionalmente, para este programa se deben tener en cuenta los siguientes conceptos y recomendaciones:

El aislamiento hidráulico de las pilas respecto de su fundación con cerca de 350 m de altura, recae sobre la geomembrana y sobre la capa de suelo de revestimiento de 30 cm de espesor. La efectividad de este sistema es alta pero no totalmente confiable, si se tiene en cuenta que, registros históricos de este tipo de procesos, han comprobado fallas menores durante su operación, en todas las pilas, al detectar contenidos de cianuro en los sub-drenajes.

El control de la estanquidad de las pilas de lixiviación se deberá hacer mediante el monitoreo de la calidad de las aguas procedentes de los sub-drenajes, debido a que se supone que por estar ubicados directamente debajo del sistema de impermeabilización de las canchas, pueden detectar rápidamente sus filtraciones. Los pozos de monitoreo que serán localizados aguas abajo de las pilas permitirán confirmarlo.

En caso de ocurrencia, no es posible ninguna reparación interna; como medida remedial se construirán pozos de bombeo, en la cantidad y ubicación que sea necesaria para captar las aguas contaminadas e incorporarlas al ciclo de las aguas de proceso.

Por otra parte, se deberá analizar mediante la afinación del modelo hidrogeológico que actualmente se construye para la mina, los tiempos de respuesta, los efectos de infiltración y la efectividad de alternativas de descontaminación del recurso hídrico subterráneo, en caso de que se presenten fugas en las pilas de lixiviación, las pozas y otros sitios del sistema de manejo de aguas de proceso. Este modelo se deberá actualizar a medida que avanzan las diferentes etapas de la mina.

- **Manejo de aguas de infiltración en el Botadero Móngora**

Con el objeto de manejar las posibles infiltraciones que se produzcan en el área del Botadero Mongora, se construirá aguas abajo un pozo de recolección en el cual se llevarán a cabo monitoreos periódicos con una frecuencia mensual orientados a definir la calidad de las aguas. Las acciones pertinentes al manejo de la posible contaminación se definirán como parte del plan de manejo de la calidad del recurso hídrico. No obstante, dadas las características hidráulicas determinadas para el Acuífero Batolito de Santa Bárbara – Jcs (unidad geológica predominante en

el área del botadero) y en general para todas las unidades existentes en el área del proyecto, las cuales permitieron conducir una baja interacción entre las aguas superficiales y los almacenamientos subterráneos, se puede inferir una baja probabilidad de infiltración.

- **Manejo de los aportes de flujo provenientes de los almacenamientos de agua subterránea en el área del tajo.**

Como resultado del modelo numérico implementado para la definición de los caudales de aporte de aguas subterráneas al área del tajo durante la explotación, se estimó un caudal que varía entre 95 l/s y 75 l/s a través del desarrollo de las cuatro (4) etapas de explotación proyectadas (para detalles, véase el numeral 3.2.6 – Hidrogeología, del estudio de impacto ambiental). Estos aportes serán recolectados y recirculados hacia los procesos industriales que les requieran.

Debido a que se espera que los aportes modelados para cada etapa de explotación sean constantes a través del tiempo, se puede inferir que la capacidad de infiltración de las aguas que se precipiten directamente sobre el área del tajo es nula.

Se recomienda complementar, durante el desarrollo de la explotación minera, los análisis hidrogeológicos y monitoreos periódicos que permitan definir con un mayor grado de precisión el comportamiento de los caudales provenientes de los almacenamientos subterráneos.

7.1.3.6 Lugar de aplicación

Este programa de manejo se deberá desarrollar en toda el área de influencia directa del proyecto minero.

7.1.3.7 Población beneficiada

De manera directa los beneficios serán sobre la población local.

7.1.3.8 Mecanismos y estrategias participativas

Contratar mano de obra de la zona para la construcción de las obras requeridas en este programa.

7.1.3.9 Personal requerido

Ingeniero de diseño hidráulico, Ingeniero hidrogeólogo, experto en modelación hidrogeológica, Ingeniero Geotecnista, tecnólogo ambiental, Personal Técnico de Apoyo, Mano de obra no calificada.

7.1.3.10 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Se cuantificará, mediante monitoreos periódicos con una frecuencia mensual la calidad del agua en los subdrenes y en los pozos de monitoreo.

7.1.3.11 Responsable de la ejecución.

El directo responsable de este programa es Greystar Resources Ltda.

7.1.3.12 Cronograma

El afinamiento del modelo hidrogeológico mediante investigaciones de campo y estudios complementarios debe tenerse listo antes del inicio de las operaciones. Las otras actividades como construcción de pozos y monitoreos periódicos se llevarán a cabo durante los dos primeros años de instalación del proyecto.

7.1.3.13 Presupuesto.

Se deberán construir tres pozos de monitoreo de 100 metros de profundidad (uno aguas abajo de la pila de lixiviación de Angostura, uno aguas abajo de la pila de lixiviación de Páez y uno aguas abajo de la escombrera) a 600,000 pesos metro lineal, para un total \$180 millones de pesos.

El monitoreo de las aguas subterráneas se presenta en el respectivo programa de monitoreo de aguas subterráneas.

7.1.4 **Programa de manejo de la calidad del aire y ruido**

7.1.4.1 Objetivos

Minimizar las emisiones de material particulado y gases a través de procedimientos específicos de manejo para el control de polvo y el mantenimiento apropiado de los equipos de la mina en las etapas del proyecto.

Controlar las emisiones de ruido generadas en las diferentes etapas del proyecto.

7.1.4.2 Metas

Mantener los niveles de inmisión de material particulado, gases y ruido por debajo de los límites de la legislación nacional vigente sobre calidad de aire y ruido.

7.1.4.3 Etapas

Instalación, Operación, Recuperación, Restauración

7.1.4.4 Impactos a controlar

Incremento en la emisión de material particulado y gases, incremento de los niveles de ruido

7.1.4.5 Tipo de medida

Prevención y mitigación.

7.1.4.6 Acciones a desarrollar

Las principales medidas a implementar son:

-
- Acciones en las vías
 - Acciones en la zona de explotación, pilas de almacenamiento, infraestructura para molienda del mineral y escombrera.
 - Acciones por perforación y voladuras
 - Acciones en relación con equipos y vehículos
 - Otros estudios y ensayos
 - Manejo de emisiones sonoras

Acciones en las vías

Para el tránsito de vehículos (camiones, equipo pesado y vehículos de servicio) se deben implementar algunos métodos que son aplicados en minería y de aplicación durante las etapas preoperativa (instalación) y operativa del proyecto:

- Para disminuir la emisión de material particulado se deberá ejercer un estricto control de la velocidad de los vehículos pesados y livianos que circulan en áreas de la mina dentro de un límite permitido. El superintendente de ingeniería ambiental podrá imponer si es el caso, límites de velocidad estrictos en zonas receptoras mas sensibles.

De acuerdo con esto, deberá instalarse dentro del área del proyecto una adecuada señalización preventiva e informativa, con el fin de regular la velocidad de desplazamiento de los vehículos. En algunos casos, podrán implementarse algunos reductores de velocidad, para forzar la disminución de la velocidad. Acompañando las anteriores medidas, deberá implantarse un programa de sensibilización y de educación a los diferentes niveles de la organización empresarial, con el fin de que los objetivos perseguidos para estos efectos, sea el más eficaz.

- Riego con agua. Es un método bastante económico y efectivo. Dentro del proyecto se debe disponer de reservorios de agua, los cuales permitirán hacer las provisiones necesarias. Para la operación de este método es necesario implantar un programa de riego, el cual deberá considerar como mínimo el área a regar, requerimientos de agua, fuentes de captación, equipo necesario, ruteo y frecuencia de aplicación (cidos).
 - Adicionalmente será necesario analizar la posibilidad de utilizar cuando sea posible el agua que se almacene en el tajo para riego de vías. Para esto se deberá diseñar el sistema de bombeo, el número y localización de las estaciones de llenado y número y capacidad de banqueros de agua.
 - Estabilizantes químicos. Existen tres tipos de sustancias químicas de empleo común en este tipo de proyectos: agentes humificadores, sales higroscópicas y agentes creadores de costra superficial. Los agentes humificadores operan reduciendo la tensión superficial del agua, consiguiendo humedecer el polvo más fino, que es el de más difícil control. Las sales higroscópicas tienen afinidad por el agua, reteniéndola en las vías humectadas. Los agentes creadores de costra, como su nombre lo indica, crean una superficie en las vías que dificulta la dispersión de material particulado.
 - Todas las carreteras y vías de uso vehicular que no se encuentren pavimentadas se humectarán periódicamente utilizando tanqueros equipados con aspersores. La humectación se realizará con mayor frecuencia durante los períodos de verano más intensos y prolongados. El agua para riego se tomará del agua acumulada en el pit de explotación, de donde será bombeada a las estaciones de llenado y de aquí a los tanqueros.
-

-
- Para control de polvo durante los periodos más secos serán necesarios aproximadamente ocho ciclos diarios de humectación con agua con una tasa de aplicación de 1,7 l/s por m² de carretera.
 - Las especificaciones de los materiales usados para la construcción de las vías serán cuidadosamente seleccionados limitando su contenido de partículas finas. El potencial de generación de polvo deberá ser tenido en cuenta en la selección de los materiales.
 - Las vías inactivas deberán cerrarse mediante una obra que no permita el acceso de vehículos.

Acciones en la zona de explotación, pilas de almacenamiento, infraestructura para molienda del mineral y escombrera.

- Ubicar los patios de almacenamiento de mineral y áreas de servicio (infraestructura de soporte que se requiera para la construcción) en sitios estratégicos considerando la afectación probable de poblaciones cercanas al proyecto, utilizando como criterio básico la dirección dominante del viento. Las fuentes fijas puntuales (plantas de concreto, asfalto) deben estar localizadas en lo posible viento abajo de los centros poblados y campamentos.
- Las áreas a ser intervenidas deben ser claramente delimitadas, en áreas estrictamente necesarias de acuerdo con los diseños detallados para las obras descritas en el capítulo 2 del presente documento. Estas áreas deben ser delimitadas de forma visible que evite confusiones.
- Donde sea posible, se usarán barreras vegetales para limitar la generación de polvo; se favorecerá la revegetalización alrededor de los patios de acopio de mineral y botaderos.
- Las labores de adecuación de áreas para las diferentes obras descritas la descripción técnico operativa (desmonte y disposición de material vegetal; remoción y manejo de suelo; colocación de rellenos -enrocado y colocación de suelos-; manejo y disposición de materiales; movimiento de tierra -excavaciones- y colocación de rellenos -enrocado y colocación de suelos-), se adelantarán con las medidas de manejo contenidas en los programas de manejo de material de excavación y estériles, programa de manejo de inestabilidad y erosión y en los programas de manejo del geoformas, manejo de suelos y manejo de cobertura vegetal.
- Las quemas de todo tipo de material (material vegetal, residuos, entre otros) esta prohibida.
- Las pilas de mineral almacenado (stock pile) serán orientadas en la dirección predominante del viento para disminuir al máximo la generación de polvo. Deberán mantenerse húmedas cuando las condiciones de intenso verano propicien la generación de polvo. La tasa de aplicación y la frecuencia de la humectación se determinará teniendo en cuenta las condiciones climatológicas.
- Así como las vías de acceso, las áreas de cargue y descargue, patios de maniobra y demás sectores no pavimentados en los cuales se manejen materiales deben humectarse periódicamente utilizando tanqueros equipados con aspersores. En periodos secos la frecuencia de la irrigación debe ser mayor. Se deben humectar las pilas de almacenamiento de material sin alterar su estructura ó cubiertas con materiales resistentes para impedir la dispersión de partículas.
- Los puntos de suministro o alimentación de carbón a las trituradoras, puntos de descarga y transferencia, tendrán sistemas de supresión de polvo, los cuales operarán automáticamente cuando el sistema de banda transportadora sea activado.

No se permitirá el descargue de mineral al azar; para ello se establecerán rutas de descarga dentro de los patios de acopio.

Cuando sea posible, las bandas transportadoras dispondrán de cubiertas resistentes que impidan la generación de finos por la acción del viento. En lo posible utilizar pipe Conveyor.

Acciones por perforación y voladuras

- Acondicionar captadores de polvo a los equipos de perforación, con lo cual se lograría la recuperación de material particulado altamente peligroso para los operadores (menor de 5 micras), se reducirían los costos de mantenimiento y de perforación y se lograrían velocidades de penetración más altas y mejores condiciones de trabajo. Si las formaciones rocosas a atravesar presentan agua, se emplea la inyección de espumantes o de agua más espumante para facilitar la eliminación de polvo.
- Durante la preparación de la voladura se deberán retirar de la superficie los detritus de la perforación y utilizar para el retacado material granular de préstamos, tacos de arcilla o tacos hidráulicos, si se trata de barrenos especiales.
- Se deberá garantizar el funcionamiento de los sistemas de control de polvo (faldones colectores de material suspendido y sistema supresor de polvo con agua) en todos los taladros de perforación que estén en operación.
- En el diseño y ejecución de las voladuras se utilizarán retardadores para optimizar el fracturamiento de la roca y disminuir el efecto de la onda explosiva en la generación de vibración, ruido y emisiones de material particulado.

Acciones en relación con transporte, equipos y vehículos

Estas medidas son de aplicación en todas las etapas del proyecto; éstas son:

- Los vehículos destinados al transporte de material y excedentes deben estar cubiertos con carpas durante el recorrido con carga para evitar la dispersión de material particulado. Estas carpas deben ser de materiales resistentes para evitar su ruptura.
 - Todos los camiones que lleven triturados y que circulen cerca de zonas pobladas serán cargados de tal manera que se minimice el potencial de derrame. Adicionalmente, estos camiones deberán contar con una carpa o lona, o humectar el material para minimizar la resuspensión de material particulado.
 - Los vehículos no deben tener modificaciones con el propósito de aumentar su capacidad de carga en volumen. La carga transportada debe estar bien acomodada, su volumen debe estar a ras con los bordes superiores más bajos del platón. Los vehículos destinados al transporte deben tener contenedores apropiados y en perfecto estado para contener la carga total y segura, evitando pérdida de material seco o húmedo. El vehículo debe estar dotado de herramientas para facilitar la limpieza en caso de derrame, como palas, escobas, entre otros. Las puertas de descargue deberán permanecer adecuadamente aseguradas y herméticamente cerradas durante el transporte.
 - La rutina de mantenimiento preventivo de equipos y vehículos será llevada a cabo para asegurar la disponibilidad del equipo, disminuir el tiempo fuera de servicio y optimizar el proceso de combustión con el propósito de minimizar la generación de gases de combustión incompleta. Las especificaciones para el contratista responsable del manejo de vehículos y maquinaria son las siguientes:
 - Todo vehículo que pertenezca al proyecto debe ser sometido a una evaluación de emisiones atmosféricas dos veces al año y los resultados deben ser registrados para el seguimiento del comportamiento del vehículo durante el proyecto. Este registro debe incluir datos como fecha
-

y hora de inspección, clima, parámetro muestreado y observaciones que pudieran incidir con los datos registrados.

- Los equipos o maquinaria que pertenezcan al proyecto no deberán ser alterados de su diseño original y deberán cumplir todos los planes de mantenimiento programados. La sobrecarga o el mal uso del equipo constituyen algunas de las causas principales de contaminación del aire. El uso de una máquina más allá de su eficiencia máxima, introducir en ella materiales para los que no está destinada o descuidar las labores rutinarias de mantenimiento, aumenta significativamente la cantidad de contaminantes que produce.
- Se fomentará el uso de combustibles más limpios, como el gas natural para el funcionamiento de vehículos livianos.

Otros estudios y ensayos

Desarrollar ensayos pilotos en las vías con productos químicos, como alternativa para minimizar la generación de polvo por el paso de los camiones. Estudiar sus ventajas, costos y beneficios para su aplicabilidad como complemento o sustituto de la humectación con agua.

Aplicar de manera permanente el modelo de dispersión de material particulado AERMOD de la US-EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América) como herramienta de planeación para el desarrollo de áreas de minería de tal manera que se minimice el efecto por material particulado sobre las comunidades localizadas en el área de la mina.

El modelo es usado para predecir las concentraciones anuales y máximas diarias de material particulado en las comunidades vecinas a la operación minera en escenarios futuros de explotación. El inventario de emisiones para la operación es desarrollado usando los modelos de cálculo del documento "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources" de la US-EPA, soportado con información específica de la operación y muestreos de campo.

El modelo debe considerar todas las fuentes de emisión para este tipo de proyectos (transporte en vías destapadas, frente de explotación, áreas descubiertas), condiciones climáticas (lluvias, vientos, evaporación) y las actividades de control que se realizan (riego de vías con agua). El modelo debe ser ajustado con los resultados del monitoreo de calidad de aire que debe ser adelantado como parte del programa de monitoreo y seguimiento.

Manejo de niveles de presión sonora

Realizar un mantenimiento preventivo adecuado (engrase de piezas móviles, limpieza permanente, reemplazo de piezas averiadas, entre otros) y recubrir de goma los elementos metálicos que sufren impactos con rocas, o materiales con características similares.

El uso de altoparlantes y amplificadores debe ser restringido. Debe ser implementado solo como medida para prevención de desastres, atención de emergencias, difusión de campañas de salud e información ambiental, previa autorización de la autoridad ambiental del proyecto.

Los generadores eléctricos de emergencia o plantas eléctricas deben contar con silenciadores y sistemas que permitan el control de los niveles de ruido dentro de los valores establecidos por los estándares de la Resolución 627 del 2006.

El diseño y construcción de las vías dentro del área del proyecto debe contar con zonas de amortiguación de ruido, como barreras vivas que minimicen su impacto sobre las áreas circunvecinas.

Greystar no deberá permitir la instalación y uso en cualquier vehículo destinado a la circulación en vías públicas de dispositivos o accesorios diseñados para producir ruido, tales como válvulas, resonadores y pitos adaptados a los sistemas de bajo y de frenos de aire. Se debe prohibir el uso de resonadores en el escape de gases de cualquier fuente móvil.

La ejecución de actividades, obras y trabajos generadores de ruido que sobrepasen los niveles de sonoridad permitidos por la legislación colombiana y que deban ejecutarse en horarios distintos a los establecidos por los reglamentos, serán tramitados a través de las autoridades ambientales.

Prohibir a los conductores contratados para el proyecto, accionar o hacer sonar innecesariamente bocinas y sirenas de cualquier vehículo de motor en las vías públicas, excepto como una señal de peligro o en casos de emergencia.

Informar a las comunidades más cercanas sobre el programa de voladuras.

7.1.4.7 Cuantificación de la medida

Monitoreos semestrales de calidad del aire en California, Vetas y Suratá, para la medición de TSP, PM-10, gases, metales en el aire, y niveles de presión sonora. Verificación del cumplimiento de la normatividad nacional y del Banco Mundial.

7.1.4.8 Lugar de aplicación

Estas son:

- Voladuras del material estéril (roca).
- Desmonte y limpieza del terreno para minería.
- Tránsito de vehículos por las vías de la mina.
- Uso de palas mecánicas y camiones
- Carga, almacenamiento, trituración de mineral y operaciones de transporte.
- Descarga de material estéril en botaderos.
- Gases de la combustión de motores.

7.1.4.9 Población beneficiada

Los municipios localizados en el área de influencia: California, Vetas, Suratá.

7.1.4.10 Mecanismos y estrategias participativas

Greystar deberá contratar mano de obra local para su grupo ambiental y realizará los programas de inducción al personal para velar por el cumplimiento de las medias propuestas.

7.1.4.11 Personal requerido

Las labores de control de material particulado deben hacer parte de las políticas de manejo ambiental que Greystar debe implementar, por lo tanto no se requiere de personal adicional para esta labor.

7.1.4.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Indicadores de calidad del aire tales como TSP, PM-10, SO₂, NO_x, As, Cn, Pb.

7.1.4.13 Responsable de la ejecución

Greystar y los contratistas para las diferentes construcciones de la etapa preoperativa y operativa son los responsables de la implementación y ejecución de todas las medidas.

7.1.4.14 Cronograma

Todas las acciones y actividades propuestas en este programa deberán adelantarse durante la etapa preoperativa, etapa operativa y de desmantelamiento.

7.1.4.15 Presupuesto

Los costos de las actividades incluidas en el programa de manejo son inherentes a los costos de operación. No se consideran costos adicionales de manejo.

7.1.5 Programa de manejo de inestabilidad, erosión y sedimentación

7.1.5.1 Objetivos

Prevenir y mitigar los procesos de inestabilidad, erosión y sedimentación que podría desencadenarse por la ejecución de actividades como desmonte y disposición de material vegetal, remoción y manejo de suelo o movimientos de tierra en las diferentes etapas del proyecto y aquellos que se puedan generar durante la operación del embalse por fluctuaciones en sus niveles.

7.1.5.2 Metas

Para la etapa de instalación, construir el 100% de las obras preventivas descritas para minimizar los procesos de inestabilidad, erosión y sedimentación.

Realizar el 100% de las medidas preventivas propuestas para minimizar el proceso de inestabilidad, erosión y sedimentación durante las actividades de la etapa operativa.

7.1.5.3 Etapas

Durante la instalación y operación del proyecto.

7.1.5.4 Impactos a controlar

Aumento de la Sedimentación

Generación de inestabilidad y erosión

Pérdida de cobertura vegetal

Pérdida y alteración de suelos
Alteración de la calidad del agua
Modificación aspecto visual

7.1.5.5 Tipo de Medida

Las medidas descritas en este programa son de mitigación.

7.1.5.6 Acciones a desarrollar

Procesos de inestabilidad, erosión y sedimentación pueden presentarse en todas las áreas en las que por actividades antrópicas se altere la dinámica natural del terreno, iniciando con la remoción de cobertura vegetal para la apertura del tajo, conformación de botaderos, vías, pilas de lixiviación y embalse, que potencializan procesos erosivos.

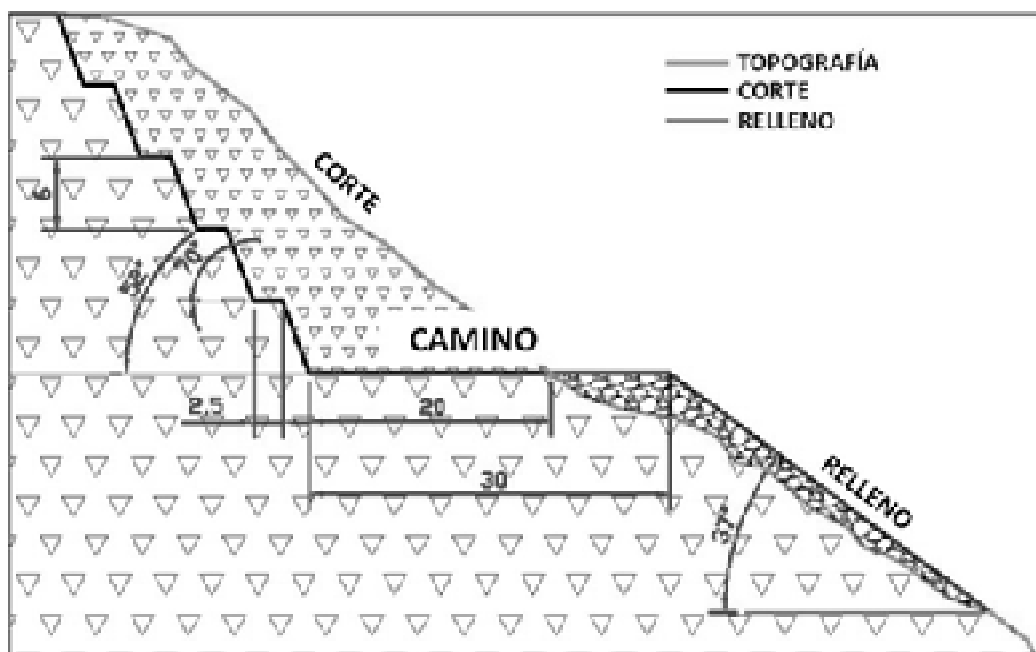
Las obras, medidas y actividades establecidas para el control de los procesos erosivos y estabilización de taludes se orientan básicamente a la captación y manejo adecuado de las aguas superficiales y sub- superficiales y al confinamiento de los materiales mediante la aplicación de diversas técnicas de ingeniería y de bioingeniería, las cuales son definidas y diseñadas por el especialista con base en las condiciones topográficas, climáticas, hidráulicas y las características geomecánicas del material a estabilizar y/o proteger. En este punto se van a describir las acciones a desarrollar para cada una de las actividades en que se contempla la probabilidad de generación de procesos de inestabilidad, erosión y sedimentación.

- Medidas en la Construcción y Adecuación de Vías de Acceso

En la construcción de las vías del proyecto se presentan tanto cortes como llenos, los cuales generan taludes que, de acuerdo con la pendiente, la altura y el grado de desprotección de la superficie, definen la forma y la intensidad en que pueden ocurrir los procesos de inestabilidad y erosión. Para esto se realizó el análisis de estabilidad de cortes y rellenos para una sección típica de los caminos de la mina y se propone los siguientes parámetros de diseño (Figura 7.1-9)

Altura de Banco	: 6.0[m]
Ancho de Berma	: 2.5[m]
Ancho Camino	: 30[m]
Ángulo de Trabajo	: 70 °
Ángulo Interrampa	: 52 °

Figura 7.1-9: Propuesta de cortes y rellenos para caminos (NCL)



Con el
fin de

determinar configuraciones estables para los diseños de los caminos en términos de altura y ángulo del talud máximo, se realizó el análisis de estabilidad, con factores de seguridad de 1.3 para el caso del Camino Inicial y de 1.5 para Camino Móngora Sur. En la Tabla 7.1-5 se presentan las alturas máximas para cada uno de los Dominios Estructurales.

Tabla 7.1-5 Resumen de alturas máximas de talud para caminos

CAMINO INICIAL (ángulo talud de 52°)	
Dominios Estructurales	Altura Máxima [m]
La Perezosa Sur 1	50-55
La Perezosa Norte 1	90-100
Los Laches	54-60
Veta Barro Sur	60-70
Veta Barro Norte	53-60

CAMINO MÓNGORA SUR (ángulo de talud de 52 °)	
Dominios Estructurales	Altura Máxima [m]
La Perezosa Sur 1	30-45

Para la realización del diseño geométrico, la sección transversal diseñada es de 6.40 metros de ancho, con dos carriles de 3.20 metros de ancho cada uno, con el 2% de bombeo hacia lado y lado de la banca, cuneta hacia el talud superior de 1 metro de ancho y una berma hacia el talud inferior de 0,5 metros, que será berma cuneta en los casos que lo requieran.

El sistema de drenaje de los taludes de corte deben incluir la construcción de cunetas como rondas de coronación, las cuales deben garantizar la evacuación del caudal de escorrentía proveniente de las áreas de drenaje superiores al talud mismo. El caudal concentrado en las rondas de coronación debe conducirse hasta los drenajes de la vía preferiblemente, aunque en algunos puede ser necesario descargar a los sistemas de drenaje de las bermas. Los detalles particulares serán establecidos en las etapas de diseño y construcción de las obras.

La revegetalización de las bermas y taludes deberá efectuarse a la mayor brevedad posible con el objeto de minimizar el tiempo de exposición del suelo a los agentes erosivos. Esta actividad está relacionada con la estabilidad de los taludes en la medida en que minimiza su erosión y los efectos nocivos asociados, con lo cual se reduce el arrastre de sedimentos.

Las obras, medidas y actividades establecidas para el control de los procesos erosivos y estabilización de taludes se orientan básicamente a la captación y manejo adecuado de las aguas superficiales y sub- superficiales y al confinamiento de los materiales mediante la aplicación de diversas técnicas de ingeniería y de bioingeniería, las cuales han sido definidas y diseñadas basados en los Estudio de Diseño Geométrico, Estudio de Geología para Ingeniería y Geotecnia, Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones de Puentes, Obras de Arte y otras Estructuras de Contención, Estudio de Estabilidad de Taludes, Estudio Geotécnico para el Diseño del Pavimento, Estudio de Hidrología, Hidráulica, Socavación y Redes de Alcantarillado, Estudio Estructural para Diseño de Puentes, Estudio de Impacto Ambiental, Estudio de Señalización y Estudio de Afectación Predial.

- Manejo durante la construcción del Botadero Móngora

El plan de excavación de la mina requiere remover 745 millones de toneladas de material estéril, de los cuales 35 millones de toneladas se depositarán en la plataforma de trituración y en las bases o diques de contención de las pilas de lixiviación de Angostura y Páez. Los 710 millones de toneladas restantes se depositarán en un depósito de estéril diseñado sobre el cañón de la quebrada Móngora.

Los parámetros utilizados en el diseño del depósito de estéril de “Móngora” son los siguientes:

- Altura de banco ó vaciado: 60 m
 - Berma de seguridad: 30 m (entre alturas de vaciado de 60 m)
 - Angulo de talud: 37 ° (1,33H:1,0V)
 - Densidad de material suelto: 1.9 t/m³
 - Pendiente de rampas: 10 %
 - Ancho rampas y caminos: 30 m
-

La ubicación del depósito "Móngora" se extiende en su totalidad al interior de la propiedad de Greystar y evita áreas con potencial de exploración de otros recursos mineros. Su capacidad estimada es de 395.2 millones de metros cúbicos que representan 750.8 millones de toneladas considerando una densidad de material suelto de 1.90 t/m³.

El análisis geotécnico y de estabilidad para el depósito de estériles de Móngora fue realizado con base en la geometría del depósito diseñada en el cañón de la quebrada Móngora. A continuación se relacionan los principales parámetros de la geometría:

Pendiente General: 28° (1,9H:1,0V)

Diferencia de cota máxima: 1,700 metros

Altura de Capa: 60 metros

Los modelos numéricos de estabilidad fueron corridos con las siguientes condiciones: Máxima lluvia probable, Máximo evento sísmico y cambios en la resistencia del material estéril.

El análisis de estabilidad de los taludes finales y el análisis de estabilidad global para el depósito de estériles de Móngora, fue realizado teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

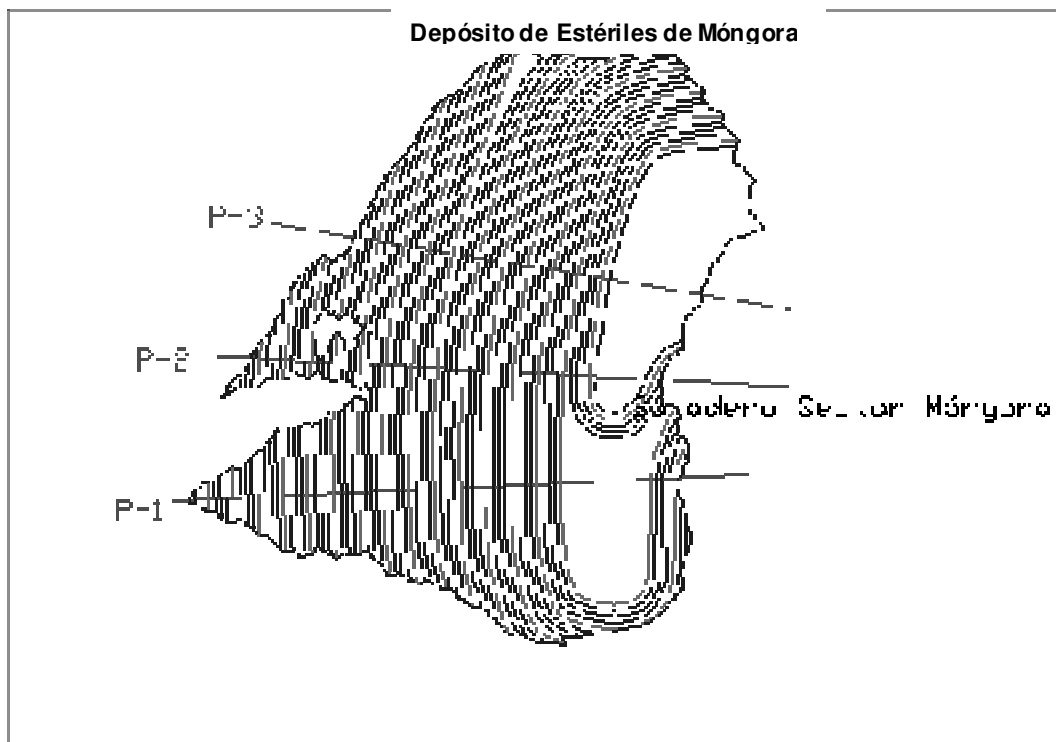
Factor de seguridad (FS) mínimo de 1.0 para los taludes críticos.

Los análisis fueron evaluados en condición seca.

Se consideró una aceleración sísmica horizontal de 0.17g y vertical de 0.11g respectivamente.

Los perfiles analizados fueron seleccionados teniendo en cuenta la máxima pendiente de la topografía del terreno y la dirección de potencial movimiento del depósito de estériles. Con base en lo anterior, se seleccionaron 3 perfiles "críticos"

Figura 7.1-10: Perfiles seleccionados



**Tabla
7.1-6**

PERFIL	LONGITUD MÁX.(m)	ÁNGULO GLOBAL (°)	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA DE CAPA (m)	FS
P-1	2,112	28	906	60	1.19
P-2	1,793	28	811	60	1.37
P-3	1,537	28	600	60	1.11

Para la definición de los taludes en las zonas de depósito, se tuvieron en cuenta las características de estabilidad propias de las zonas, el tipo de material y los volúmenes por disponer.

El talud se conformará a medida que se deposita el material desde abajo hacia arriba. El control de erosión y sedimentación de partículas deberá iniciarse desde el momento de adecuación del sector.

El Botadero Móngora contará con obras necesarias para captar las aguas lluvias y de escorrentía, con el objeto de encauzar las aguas de escorrentía subsuperficial y superficial en forma adecuada para garantizar la estabilidad de la obra y evitar posibles arrastres de material granular a causa de deslizamientos.

- Manejo en el borde del embalse

En el área de influencia del embalse se puede presentar erosión antrópica con el agua como el mayor elemento de transporte, sedimentación como mayor proceso de acumulación y pérdida de estabilidad de las estructuras del suelo como la mayor consecuencia sinérgica negativa.

En el diseño del embalse, después de realizada la zonificación de amenazas y establecidos los sectores de mayor susceptibilidad de deslizamientos, se realizará el inventario de cada uno de los derrumbes, estableciendo un plan de manejo para cada uno de ellos.

El inventario detallado de derrumbes activos y potenciales alrededor del embalse debe centrarse especialmente en la zona comprendida entre los niveles mínimo y máximo de operación, teniendo en cuenta que al subir el nivel del embalse los materiales se saturarán y al bajar nuevamente se pueden generar deslizamientos, originados por el incremento en las presiones de poros y por la pérdida de finos que se disuelven en el agua.

Para cada uno de los derrumbes identificados se efectuará una evaluación que permitirá darle un determinado grado de prioridad para definir su manejo.

Los criterios de manejo para estas inestabilidades identificadas en la zona del proyecto se establecerán de la siguiente manera:

Si la afectación potencialmente involucra viviendas, el manejo debe induir necesariamente la reubicación de la vivienda.

Si la afectación amenaza estructuras externas al proyecto, tales como vías, puentes y otros, el manejo también debe induir la reubicación de la estructura.

Si la amenaza afecta cultivos o pastos, el manejo debe induir la reforestación de la zona y/o trabajos que mejoren las condiciones y disminuyan el riesgo de deslizamientos en masa.

Si la afectación amenaza estructuras de la obra, se evaluará detalladamente la posibilidad de efectuar el tratamiento de la inestabilidad.

En cualquiera de los casos, para los derrumbes de mayor prioridad, se debe iniciar un monitoreo desde antes de iniciar el llenado del embalse, el cual debe incluir la instalación de puntos de control topográfico que deben ser leídos desde un punto localizado por fuera de la zona inestable, con una periodicidad no mayor de 15 días, especialmente en los periodos lluviosos o inmediatamente después de un evento sísmico. Durante el llenado del embalse la periodicidad de lectura se debe reducir. El monitoreo de las zonas inestables se debe realizar durante la operación del proyecto.

- Manejo en la Apertura y Explotación del Tajo

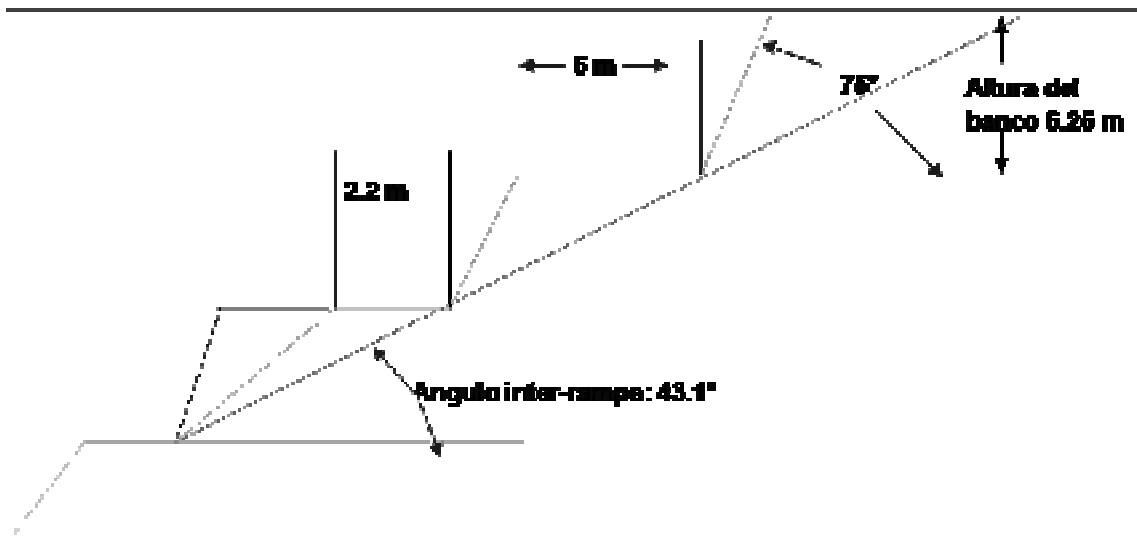
Con el fin de garantizar la estabilidad del terreno durante la apertura y explotación del tajo, se realizó el diseño de la geometría de la explotación utilizando el software "Whittle 4X", obteniéndose los parámetros geométricos de los bancos y sectores o dominios estructurales que se muestran en la Tabla 7.1-7 y Figura 7.1-11.

Tabla 7.1-7 Parámetros geométricos de los bancos del tajo

Sector/Dominio Estructural	Configuración del Banco			Ángulo Interrampa (°)
	Angulo de la Cara del banco (°)	Altura de banco (m)	Berma (m)	
Los Laches				
Los Laches Este	70	6.25	4	45
Los Laches Oeste	70	6.25	4.4	43.1
Veta de Barro				
Veta de Barro Norte	70	6.25	4.4	43.1
Veta de Barro Sur	70	6.25	4	45
Perezosa Norte				
Perezosa N1	70	6.25	4.4	43.1
Perezosa N2	70	6.25	4	45
Perezosa Sur				
Perezosa S1	70	6.25	4.4	43.1
Perezosa S2	70	6.25	4	45.0

El análisis de estabilidad del tajo se realizó en varias etapas: Primero se evaluó la estabilidad de los bancos usando la información de todas las estructuras que fueron levantadas en cada dominio estructural; posteriormente se evaluó la estabilidad interrampa usando únicamente las estructuras de mayor longitud, y finalmente se evaluó la estabilidad del ángulo del pit global usando secciones geotécnicas del modelo generado (Figura 7.1-11).

Figura 7.1-11 Esquema geométrico de los bancos



Los principales parámetros de diseño usados en la geometría de la explotación son:

Alto del Banco: 6.25 m

Camino con 30 m de ancho y 10% de peralte.

Ángulos de talud: Los mostrados en la Figura 7.1-11

La altura máxima permitida de la pared del tajo para los ángulos inter-rampa es de 150 m.

Para el diseño geotécnico del tajo fueron definidos 5 tipos de macizos rocosos, los cuales fueron determinados con base en la litología, alteración, intensidad de la alteración y características tectónicas (presencia de falla). Con esta información se desarrolló la matriz con la cual fueron definidos los macizos rocosos que permitieron crear un modelo geotécnico en 3 dimensiones para el área del tajo.

Los análisis de estabilidad realizados tuvieron en cuenta tanto a la actividad sísmica como la presencia de agua subterránea. Igualmente se analizó la estabilidad para cada dominio estructural teniendo en cuenta la orientación de la pendiente del tajo en cada uno de ellos. El factor de seguridad se encontró por encima del mínimo aceptable, para las condiciones establecidas en los modelos de estabilidad.

La estabilidad de los taludes finales del tajo fue evaluada con el software FLAC, cuyos resultados fueron comparados con los cálculos tradicionales de equilibrio límite del suelo.

Con los análisis realizados se observó que los criterios de aceptabilidad de un FS de ≥ 1.3 para la pendiente del tajo con presencia de agua subterránea, se cumplen utilizando las ocho combinaciones de máximos valores mínimos de los parámetros de diseño.

Los criterios de aceptabilidad de FS de ≥ 1.1 para la pendiente prevista con pozo de agua subterránea y con carga sísmica (0.3 g) se ha cumplido con el análisis realizado, utilizando los valores más probables de los parámetros de diseño.

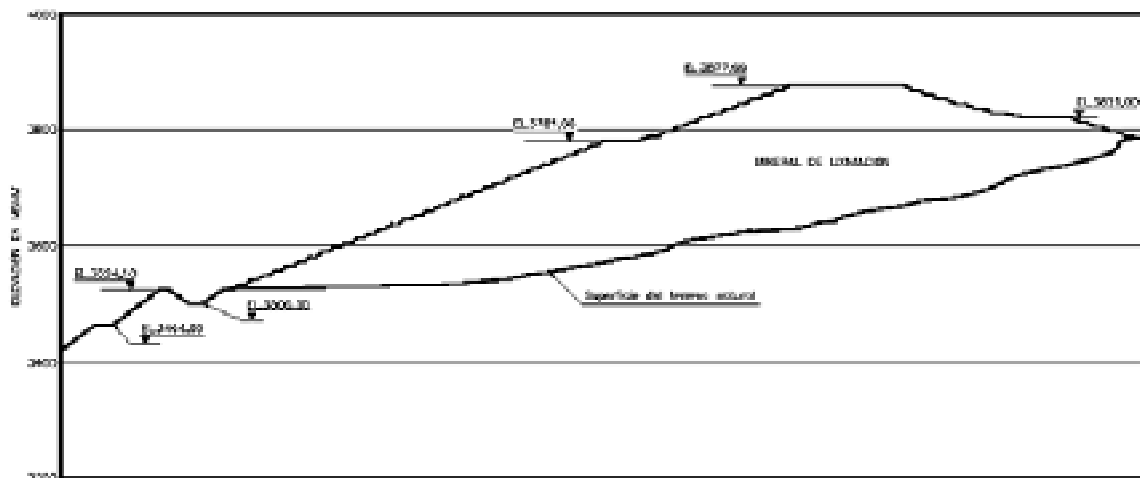
Para controlar el nivel de las aguas subterráneas y reducir las presiones de poros en la masa rocosa se ha previsto un sistema de drenaje, el cual incluye un total de 1.875 m de túneles y aproximadamente 8.000 m de perforación de drenaje. El túnel de drenaje se localizaría en la margen oriental de la fosa para controlar las principales zonas de fallas tales como la Perezosa y

mejorarla estabilidad en la pared de la gran fosa de altura. Además, se recomienda mantener los túneles existentes en la zona de boxes para los propósitos de drenaje e instalar perforaciones complementarias de drenaje de los túneles existentes.

- Manejo para las pilas de lixiviación

En el proyecto Angostura se tendrán dos pilas de lixiviación ubicadas en las quebradas Angostura y Páez, ubicadas al norte y sur-este del tajo respectivamente. La altura de los rellenos de las pilas será de 377 m y 328 m para los sitios de Angosturas y Páez y los materiales serán colocados en capas de 8,0 m de altura, con un talud de equilibrio del material de 1,4H: 1,0V, dejando una bema de 11,0 m de ancho, con lo cual el talud promedio del relleno sería de 2,5H: 1,0V. En la Figura 7.1-12 se presenta la sección máxima.

Figura 7.1-12 Esquema geométrico pilas de lixiviación.



La estabilidad de los taludes se analizó mediante el programa SLIDE (Rocscience, 2003), versión 5, siguiendo el método de Spencer. Se consideraron superficies de falla de bloques y circulares para definir la superficie de falla crítica. Se efectuaron análisis en dos dimensiones estáticos y pseudo estáticos, utilizando un coeficiente sísmico de 0,15g. Los siguientes criterios fueron establecidos para el diseño:

Mínimo factor de seguridad estático: 1,4

Mínimo factor de seguridad pseudo estático: 1.0

Igualmente se consideró el nivel freático y la presencia de la geomembrana de revestimiento de la superficie de fundación de las pilas para el análisis de las superficies de falla circulares y de bloques.

De acuerdo con los análisis de estabilidad realizados se recomienda que después de removerse el material inadecuado para la fundación de las pilas la construcción de una plataforma estable con una pendiente promedio del 2%.

Los parámetros de resistencia de los materiales involucrados en la fundación y rellenos de las pilas fueron definidos a partir de ensayos de laboratorio y se indican en la Tabla 7.1-8.

Tabla 7.1-8 Parámetros de resistencia

Material	γ total (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)
Material de lixiviación	16.4	17.5	0	37
Relleno estructural	17.2	19.9	0	30
Deposito de suelo residual	18.0	20.0	0	28
Depósito de Morrena	17.0	1.5	0	29
Lecho Rocoso Angostura	24.2	24.7	100	30
Lecho Rocoso Páez	24.2	24.7	75	28

7.1.5.7 Cuantificación de la medida

Con las medidas propuestas para mitigar el impacto de generación de inestabilidad-erosión-sedimentación, asociado con la conformación de taludes, pérdida de vegetación, fluctuaciones del nivel del embalse, se considera una cuantificación de la medida del 90%.

7.1.5.8 Lugar de aplicación

El plan de manejo aplica en las obras que se realizarán en el tajo, pilas de lixiviación Angosturas y Páez, botadero Móngora, vías y embalse.

7.1.5.9 Población beneficiada

En la zona del tajo, botaderos, embalse y pilas de lixiviación se verán beneficiadas las comunidades de Vetas y California ubicadas dentro del área de influencia directa por compensación de uso de sus terrenos, a demás de una nueva generación de empleo.

7.1.5.10 Personal requerido

No se requiere personal adicional distinto al asignado por Greystar.

7.1.5.11 Indicadores y seguimiento

El principal instrumento para indicar el desempeño de las obras, será el monitoreo de la inestabilidad-erosión-sedimentación producida por las actividades del proyecto y de la inestabilidad-erosión-sedimentación ocasionada por otros procesos antrópicos. Al mismo tiempo, tanto el constructor como la Interventoría ambiental realizarán una bitácora de seguimiento de las obras diseñadas y ejecutadas para la protección de la inestabilidad-erosión-sedimentación, con fotografías y registro fílmico antes, durante y después de la ejecución de las obras. Todo el material estará fechado en negativos fotográficos y originales de filmación, así como en las copias que se hagan de ellos.

Para realizar el seguimiento de la inestabilidad-erosión-sedimentación producida por el proyecto, se utilizarán como indicadores los volúmenes de material de excedente de excavación dispuestos en las zonas de depósito, las superficies expuestas a la intemperie, en todos los sitios de obra del proyecto y las superficies tratadas para prevenir o controlar los procesos de inestabilidad-erosión-sedimentación.

En cada una de las zonas tratadas se llevará una ficha de seguimiento indicando los resultados obtenidos con los sistemas implementados y la extensión que ha logrado la recuperación de suelo y cobertura vegetal.

De manera similar se registrarán los procesos de inestabilidad-erosión-sedimentación en aquellas áreas donde se presente estos fenómenos por causas ajenas a las actividades del proyecto y que se encuentran en el área de influencia directa, evaluando la superficie total con estos problemas y la sometida a control, así como las áreas con tratamiento ya estabilizadas y aquellas con tratamiento pero sin resultados satisfactorios

7.1.5.12 Responsable de la ejecución

Greystar es la empresa responsable de la implementación y ejecución de todas las medidas.

Greystar induirá las acciones propuestas en el plan de manejo dentro del contrato de obra y ejecutará todas las acciones con el cuidado sugerido y dispondrá de un grupo ambiental y un profesional en el terreno que resuelva los casos particulares que se presenten.

La interventoría ambiental velará por el cumplimiento de las acciones propuestas y aquellas que mejoren en cada caso los desempeños; realizará también el registro fotográfico y/o filmico antes, durante y después de la ejecución de las obras.

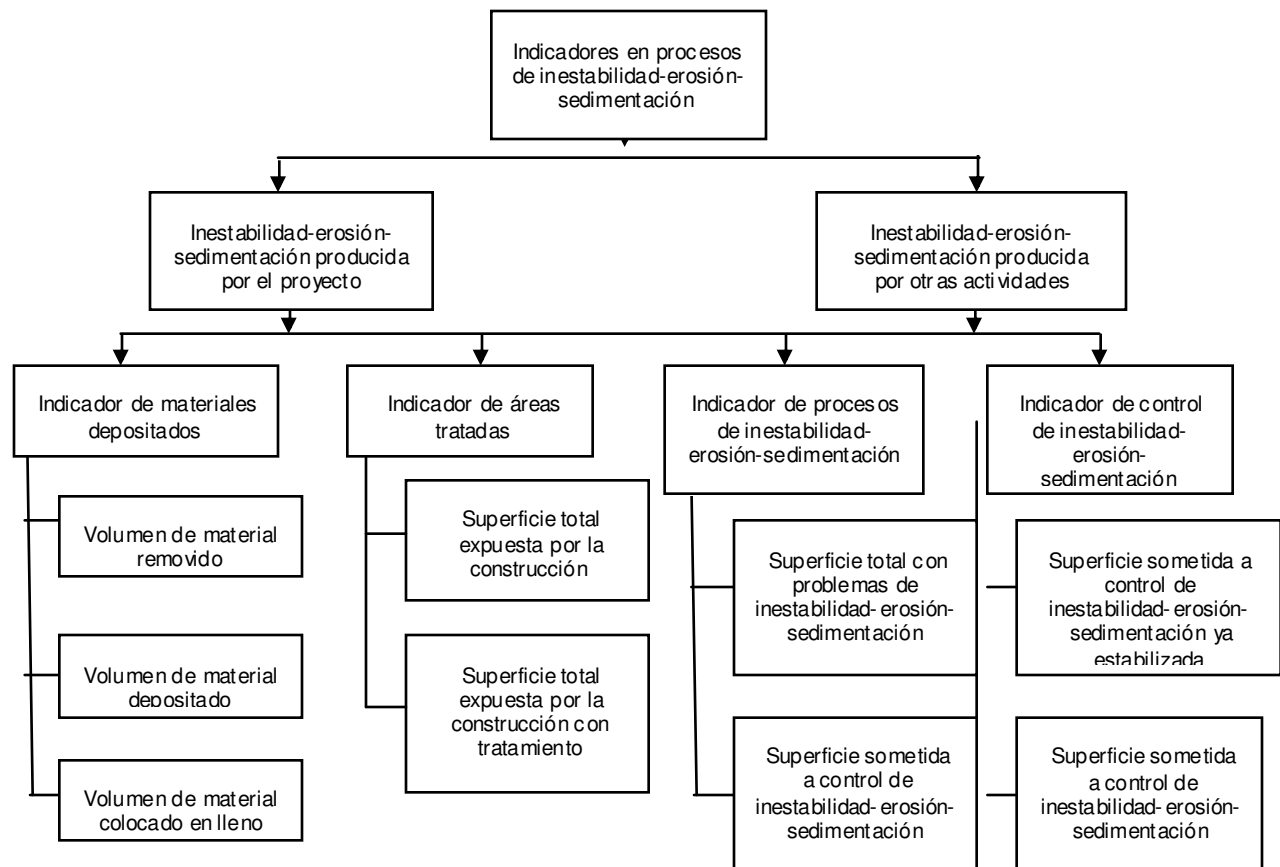
7.1.5.13 Cronograma

Durante la etapa de operación del proyecto.

7.1.5.14 Presupuesto

Los costos de las actividades inducidas en el programa de manejo son inherentes a los costos de operación del Proyecto Aurífero Angosturas; no se consideran costos adicionales de manejo.

Figura 7.1-13. Diagrama de los indicadores en los procesos de inestabilidad-erosión-sedimentación



7.1.6 Programa de manejo para la alteración y eliminación de la geoformas del terreno

7.1.6.1 Objetivos

Establecer las medidas de manejo del componente geoesférico del paisaje tendiente a mitigar la alteración de la dinámica geomorfológica, de la morfología fluvial y de la capacidad hidráulica de los cauces que serán construidos como parte de la modificación relacionada con las obras del proyecto para reducir el impacto que se causará al paisaje montañoso de la zona.

Conservar los rasgos geomorfológicos naturales del terreno.

Prevenir la eliminación del as geoformas del terreno.

Mitigar la alteración de la morfología del terreno.

7.1.6.2 Metas

Establecer el 100% las geoformas y coberturas diseñadas, las cuales simularán las existentes antes de la explotación minera.

7.1.6.3 Etapas

Este programa de manejo se realiza durante las etapas: instalación y operación.

7.1.6.4 Impactos a controlar

Alteración y eliminación de las geoformas del terreno

Alteración de la calidad del agua

7.1.6.5 Tipo de medida

Las medidas descritas en este programa son de mitigación.

- Adecuación de las áreas afectadas creando nuevas geoformas que concuerden con el entorno del paisaje de la zona.
- Realizar una actualización de las condiciones morfológicas de las áreas seleccionadas para la ubicación de las obras civiles, las pilas de lixiviación, el embalse, los botaderos y el sitio de la mina.
- Identificar zonas cercanas que no requieran de cortes o nivelación para la ubicación de las obras civiles.
- Evitar la intervención de las geoformas del terreno.
- La revegetalización deberá efectuarse a la mayor brevedad posible con el objeto de minimizar el tiempo de exposición del suelo a los agentes erosivos. Esta actividad está relacionada con la estabilidad de los taludes en la medida en que minimiza su erosión y los efectos negativos asociados, con lo cual se reduce la alteración en las geoformas. Cabe recalcar que esta actividad no es en sí una garantía de la estabilidad de los taludes encontrados en las geoformas.
- Construcción de las geoformas definitivas del paisaje.

7.1.6.6 Acciones a Desarrollar

El manejo del paisaje estará orientado a establecer un ambiente físico con geoformas y coberturas que simulen en parte las que existían en valles y laderas antes de la explotación minera. Se espera que, aunque el nuevo paisaje incorporará relieves negativos con cambios en los cuerpos de agua, con los cuales no contaba el paisaje original, estos sean integrados al paisaje mediante la construcción de rellenos con taludes estables, la recuperación de suelos y la revegetalización de dichos taludes.

Para permitir la expansión minera proyectada se requiere la intervención de varios cauces. La intervención de los cauces deberá simular la morfología actual, y deberá permitir el establecimiento de condiciones ambientales parecidas a las actuales.

A continuación se presenta lo concerniente con las actividades en cada etapa, dividido para su presentación en:

- Etapas instalación y operativa – acciones en excavación de tajos.

Los taludes de excavación de cada nuevo tajo deben diseñarse para garantizar su estabilidad de largo plazo. Se deben definir como mínimo las dimensiones de rampas, la altura entre rampas, el talud entre rampas y los refuerzos requeridos. Teniendo en cuenta que para cada tajo nuevo se hará un análisis independiente, con base en la caracterización particular del material.

Con el fin de garantizar la estabilidad del terreno durante la apertura y explotación del tajo, se realizó el diseño de la geometría de la explotación utilizando el software “Whittle 4X”, obteniéndose los parámetros geométricos de los bancos y sectores o dominios estructurales que se muestran en la Tabla 7.1-7 y teniendo en cuenta el esquema mostrado en la Figura 7.1-11.

La rehabilitación de taludes y superficies del tajo se realizará preparando el suelo mediante procesos de arado, colocando capas de suelo de buenas características orgánicas, sembrando y fertilizando en caso de requerirse.

- Etapas instalación y operativa – acciones en botaderos

Antes de la iniciación de un botadero se deberá retirar toda la materia orgánica de la zona que servirá de fundación al relleno, incluyendo la capa de suelo superior, hasta donde sea necesario para garantizar el retiro de todo el material con riqueza orgánica.

Los taludes de relleno de los botaderos deberán diseñarse para garantizar su estabilidad de largo plazo. Se deben definir como mínimo el talud de diseño y las obras de drenaje requeridas para minimizar el riesgo de colapso. Teniendo en cuenta los parámetros de la geometría del botadero de Móngora, descritos en la medida de manejo de inestabilidad, erosión y sedimentación.

El Botadero Móngora contará con obras necesarias para captar las aguas lluvias y de escorrentía, con el objeto de encauzar las aguas de escorrentía subsuperficial y superficial en forma adecuada para garantizar la estabilidad de la obra, evitar posibles arrastres de material granular a causa de deslizamientos y evitar el cambio en las geoformas.

El talud final de los botaderos debe diseñarse con inclinaciones de 37° (1,33H:1,0V) como máximo, complementado con bermas para estabilidad y drenaje, de manera que se facilite la rehabilitación del suelo y la revegetalización. Tanto el talud como la superficie del botadero deben rehabilitarse con especies que permitan la integración de estas zonas al paisaje natural predominante, disminuyendo así el impacto visual.

La rehabilitación de taludes y superficies se realizará preparando el suelo mediante procesos de arado, colocando capas de suelo de buenas características orgánicas, sembrando y fertilizando en caso de requerirse.

En la etapa postoperativa deberá realizarse una rehabilitación final de áreas tratadas, propiciando el establecimiento de una cobertura vegetal más compleja, de ser posible similar a la existente antes de la explotación. Para ello se requiere una selección cuidadosa de arbustos y árboles característicos de la zona y una regulación de los usos de los terrenos rehabilitados. En general se recomienda que luego del cierre de la mina, los terrenos rehabilitados sean declarados áreas de reserva y se restrinjan las actividades económicas en estas áreas, dado que serán zonas muy sensibles por su precaria madurez.

-
- Etapas instalación y operativa – acciones en otras geoformas modificadas

Las zonas de tajos, botaderos y del corredor de los ríos que será utilizado para la construcción y expansión minera requiere la construcción de infraestructura como vías, pilas de lixiviación y zonas para almacenamiento de material de construcción y estériles.

Antes de la iniciación de las obras del proyecto de la mina, se retira toda la materia orgánica de la zona que servirá de fundación a la obra, incluyendo la capa de suelo superior, hasta donde sea necesario para garantizar el retiro de todo el material con riqueza orgánica.

En el proyecto Angostura se tendrán dos pilas de lixiviación ubicadas en las quebradas Angostura y Páez, ubicadas al norte y sur-este del tajo respectivamente. La altura de los rellenos de las pilas será de 377 m y 328 m para los sitios de Angosturas y Páez y los materiales serán colocados en capas de 8,0 m de altura, con un talud de equilibrio del material de 1,4H: 1,0V, dejando una bema de 11,0 m de ancho, con lo cual el talud promedio del relleno sería de 2,5H: 1,0V, como se muestra en la Figura 7.1-12

Igualmente se considero el nivel freático y la presencia de la geomembrana de revestimiento de la superficie de fundación de las pilas para el análisis de las superficies de falla circulares y de bloques.

Las obras de infraestructura no tendrán ningún manejo desde el punto de vista del paisaje, ya que estas zonas al estar involucradas en la dinámica de las labores de la minería, están expuestas a material particulado. Las obras de infraestructura serán obras construidas de acuerdo con las necesidades de la minería, y al final de su vida útil se les realizará una rehabilitación de suelos y vegetación.

- Etapa relacionada con el plan de cierre inicial (Desmantelamiento, abandono y restauración final de las obras relacionadas con la explotación) - acciones en excavación de tajos

Los manejos de estabilidad y morfología del tajo incluirán obras y acciones para prevenir riesgos para la población del área de influencia una vez cesen las actividades de la mina, para la integración del área con el entorno paisajístico. Las actividades a realizar son:

- Estabilización física de los bancos y taludes del tajo hasta garantizar su estabilidad a largo plazo.
- Montaje de un sistema de monitoreo adecuado que permita establecer medidas complementarias para garantizar la adecuada estabilidad de bancos y taludes.
- La conformación de taludes estables de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la explotación minera y del control de movimientos en masa a largo plazo posterior al uso minero y con carácter de autosostenibilidad
- Se realizarán tratamientos de protección con la conformación morfológica de drenajes que evite concentraciones inaceptables de flujo, y con la siembra de vegetación herbácea y arbustiva que cubra estos taludes, protegiéndolos de la erosión provocada por el viento y la lluvia y estimulando la colonización de especies vegetales de sucesión primaria propias de los ecosistemas regionales.

- Etapa relacionada con el plan de cierre inicial (Desmantelamiento, abandono y restauración final de las obras relacionadas con la explotación) - acciones en botaderos

El cierre de la escombrera será progresivo y la recuperación con especies vegetales nativas se adelantará en cada banco una vez se complete su conformación. Se construirá con

diversos anchos y alturas de bancos y con pendiente. Las actividades de cierre tendrán en cuenta:

- El cierre debe conseguir que se tenga estabilidad física de los materiales de desmonte cuya composición química puede tender a generar acidez.
- Configuración final de los taludes, si es necesario, perfilando los taludes hasta alcanzar un ángulo de reposo seguro a largo plazo.
- Al final de la reconformación de cada talud, se hará la colocación de cobertura vegetal compatible con los ecosistemas que se encuentran a su alrededor (bosque altoandino). Se buscará la conformación de una vegetación con estructura y composición similar a esta unidad de cobertura, conformada principalmente por robles.

7.1.6.7 Cuantificación de la medida

Con las actividades propuestas para mitigar el impacto del cambio en las geoformas del terreno asociado con la explotación del tajo, las pilas de lixiviación, las zonas de botaderos y la zona del embalse se estima una cuantificación del 90%.

7.1.6.8 Lugar de aplicación

Todos los sitios donde se construyan obras para el proyecto de expansión o donde se realicen intervenciones sobre las geoformas naturales y se altere la composición escénica original de la zona.

7.1.6.9 Población beneficiada

Población rural localizada en o cercana a las zonas inestables, potencialmente inestables o afectadas por las obras del proyecto.

7.1.6.10 Personal requerido

Para las labores de extracción de suelo, almacenamiento en bancos y rehabilitación de las geoformas en las zonas de botaderos, pilas de lixiviación y áreas intervenidas es suficiente el personal proporcionado por Greystar.

7.1.6.11 Indicadores de seguimiento y monitoreo

Toma e interpretación de fotografías aéreas en la zona de obras, con el detalle suficiente para analizar la evolución morfológica, el desarrollo y efectividad de las medidas de manejo implementadas para la recuperación de la cobertura vegetal del bosque y de los corredores ambientales afectados.

Localización de referencias topográficas a lo largo del área del proyecto que faciliten la realización de monitoreos en los cambios de las geoformas, estabilidad de taludes, procesos de remoción en masa, procesos de erosión – sedimentación, alteración de los cauces de ríos y quebradas.

Diseño e implementación de una base de datos que permita monitorear con detalle los cambios encontrados con respecto a:

-
- Pendientes de inclinación de las laderas y taludes.
 - Morfología de los cauces.
 - Erosión y sedimentación.
 - Rehabilitación de suelos y cobertura vegetal.

Tanto el constructor como la interventoría ambiental realizarán una bitácora de seguimiento de las obras diseñadas y ejecutadas para la conservación de las geoformas características de la zona, con fotografías y registro fílmico antes, durante y después de la ejecución de las obras. Todo el material estará fechado en negativos fotográficos y originales de filmación, así como en las copias que se hagan de ellos.

7.1.6.12 Responsables de la ejecución

Greystar Resource Ltda.

7.1.6.13 Cronograma

Las actividades se desarrollarán durante la instalación y operación del proyecto Aurífero de Angostura.

7.1.6.14 Presupuesto

Los costos de la remoción de cobertura vegetal y descapote de las zonas de depósito están calculados en el Programa de instalación y operación del proyecto.

Los costos de la recuperación de las geoformas de la zona están calculados en el programa de instalación y operación del proyecto aurífero de Angostura.

7.1.7 **Programa de Manejo de drenaje ácido**

7.1.7.1 Objetivos

- Prevenir, reducir y manejar la generación de drenaje ácido en botaderos de estériles de mina, tajos explotados o en explotación, y en áreas intervenidas por la operación minera
- Prevenir, reducir y manejar el impacto por drenaje ácido en suelos, aguas superficiales y subterráneas, biota y hombre.
- Preparar condiciones de manejo de los materiales geológicos (estériles y colas de proceso) con potencial de generación de drenaje ácido para el cierre y abandono (post-cierre) de la mina

7.1.7.2 Metas

La meta fundamental es prevenir la ocurrencia de drenaje ácido de mina y en caso de presentarse drenaje ácido establecer medidas de manejo para reducir y mitigar impactos en suelos, aguas superficiales y subterráneas, biota (ecosistemas acuática y terrestres -flora) y hombre.

7.1.7.3 Etapas

Instalación, pre-operación, operación, cierre, post-cierre y abandono

7.1.7.4 Impactos a controlar

Los drenajes ácidos producen cambios de pH (acidez) y liberan contaminantes representados en metales potencialmente tóxicos que alteran los ecosistemas, por tanto se debe controlar su impacto con relación a:

- **Calidad de aguas superficiales**

Afecta a la **biota acuática y a los seres vivos** que consumen agua debido a que se modifican las condiciones fisicoquímicas de pH (acidez) y se aportan metales potencialmente tóxicos (arsénico - As, bismuto - Bi, cobre - Cu, zinc - Zn, telurio - Te, sulfatos - SO_4^{-2} , aluminio - Al^{+3} , hierro - Fe, etc.) en solución y como material particulado (partículas en suspensión y sedimentos)

- **Calidad de aguas subterráneas**

Afecta a la **biota acuática y a los seres vivos** que consumen agua debido a que se modifican las condiciones fisicoquímicas de pH (acidez) y se aportan metales potencialmente tóxicos (arsénico - As, bismuto - Bi, cobre - Cu, zinc - Zn, telurio - Te, sulfatos - SO_4^{-2} , aluminio - Al^{+3} , hierro - Fe, etc.) en solución.

- **Calidad de suelos**

Afecta a la **biota terrestre y a los seres** que consumen la vegetación debido a que se modifican las condiciones fisicoquímicas de pH (acidez) y se aportan metales potencialmente tóxicos.

7.1.7.5 Tipo de medida

Los costos para remediación en sitios mineros abandonados en los cuáles se genera drenaje ácido son altos por lo que la mejor estrategia costo-eficiente para manejo y control de drenaje ácido es la predicción y la prevención. Una vez generado drenaje ácido se deben tratar para reducir y mitigar sus efectos.

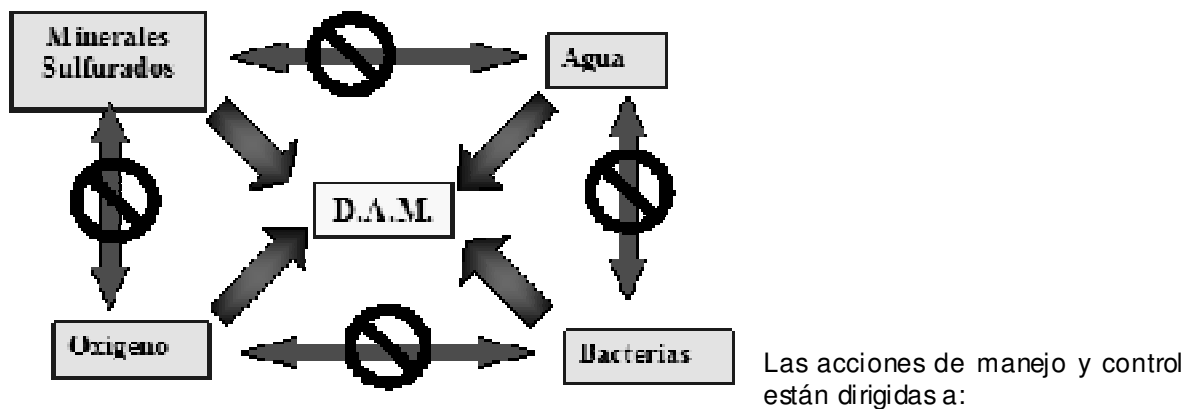
Predicción, prevención y/o control, seguimiento y tratamiento (mitigación).

- Predicción: Pronóstico de la capacidad de los residuos para generar drenaje ácido.
- Prevención y/o Control: Establecimiento de programas de manejo de residuos de minería (estériles y colas de proceso) y de cierre de la operación en función de su capacidad de generación de drenaje ácido.
- Seguimiento: Establecimiento de programas de monitoreo para asegurar la eficiencia de los programas de prevención de la contaminación).
- Tratamiento (mitigación): Si se genera un drenaje ácido se deberán implementar sistemas de tratamiento que mitiguen sus efectos en el entorno.

7.1.7.6 Acciones a desarrollar

Una de las principales preocupaciones ambientales asociadas con rocas estériles y desechos de minería es la oxidación de los minerales de sulfuros presentes en las pilas de estériles y en las

paredes descubiertas de los frentes de mina o tajos. Los sulfuros al oxidarse liberan acidez y metales potencialmente tóxicos que son transportados y dispersados hacia otros componentes del entorno afectando aguas (superficiales y subterráneas), suelos y biota. Las acciones de manejo y control están orientadas a bloquear uno o más de los factores que intervienen en la generación de drenaje ácido.



- Identificar todos los materiales generadores de acidez (etapa de pre-desarrollo) - rocas estériles o de desecho que presenten sulfuros y con capacidad de generar drenaje ácido y a predecir el potencial de generación de acidez
- Minimizar el volumen y la exposición (oxígeno, agua) de los materiales generadores de acidez
- Manejar el material generador de acidez - ubicar y diseñar los botaderos para minimizar impactos en aguas superficiales y subterráneas (base impermeable); limitar la disponibilidad de oxígeno por medio de inundaciones o cubiertas impermeables (húmedas o secas); neutralizar el material mezclando con álcalis o con materiales generadores de basicidad (con potencial de neutralización); controlar la acción bacteriana con bactericidas; reducir infiltración de agua superficial (canales) y acceso de capa freática (base impermeable); minimizar cualquier producción de lixiviado acuoso e inmovilizar los productos de la reacción de oxidación de sulfuros; prevenir migración de lixiviados o de flujos ácidos; recolectar y tratar cualquier lixiviado o flujo ácido o contaminado con aguas ácidas.

En el caso de excavaciones y tajos explotados puede limitarse la exposición de los sulfuros con cubiertas húmedas (inundaciones que requiere manejo de hidrología e hidrogeología de la zona) o secas (retrolleado, o uso de otros materiales como arcillas, concreto, etc).

- Elaborar plan de rehabilitación viable para el material generador de acidez

Predicción

El objetivo general del desarrollo de técnicas, modelos y métodos de predicción de drenaje ácido es reconocer fuentes potenciales de contaminación, incorporar medidas de control, establecer una viabilidad ambiental, establecer una viabilidad económica a largo plazo, prevenir impactos significativos fuera del sitio de explotación minera, minimizar los impactos en el sitio de la mina y evaluar riesgos ambientales potenciales.

El objetivo particular en la predicción de drenaje ácido es determinar el potencial de producción de acidez para cada material geológico presente en el depósito (estériles, colas de proceso, rocas o paredes de la mina in situ) y determinar las condiciones en las cuáles deben ser depositados o expuestos los residuos (aérea o bajo agua).

Durante esta etapa se conocen los minerales presentes en el depósito, su potencial de acidez y neutralización y las reacciones críticas para su meteorización. Se determina que elementos conforman los minerales, concentraciones, y las condiciones geoquímicas para su liberación; y se establecen criterios para diferenciar y separar el material potencialmente generador de acidez del que no genera.

El esquema Metodológico empleado en la Predicción de drenaje ácido induce:

- Caracterización de minerales y residuos de mina para reconocer fuentes potenciales de contaminación, incorporar medidas de control y establecer viabilidad ambiental y económica a largo plazo
- Determinación de la Reactividad de los Sulfuros
- Determinación del Potencial de Acidez y del Potencial de Neutralización (pruebas estáticas)
- Estudio del Potencial de generación de drenaje ácido y de la calidad química de los efluentes contaminantes (pruebas cinéticas).

La predicción se realiza por medio de:

- Pruebas estáticas para determinar el balance entre los constituyentes generadores y consumidores de ácido. Se determina: a) Contenido de elementos traza (concentración total, concentración en solución); b) Balance - Acido - Base -ABA (Azufre total, azufre como sulfato y azufre como sulfuro, Potencial de Producción de Acidez (PPA), Potencial de Neutralización Neto (PNN), Potencial de Neutralización por Carbonatos, pH, c) Mineralogía y otras propiedades geológicas (análisis petrográfico), y
- Pruebas cinéticas para confirmar el potencial de generación de drenaje ácido, predecir a largo plazo las características del intemperismo de un residuo de mina en función del tiempo, establecer la velocidad de generación y consumo de los potenciales de acidez y de neutralización, estimar la movilidad de los metales y la calidad química de lixiviados. Se efectúan: a) Velocidad de reacción y química del drenaje (caracterización pre y post meteorización – pruebas de celdas húmedas, pruebas de relleno in situ, estaciones de lavado de paredes (mina); b) monitoreo del drenaje en el sitio

Prevención

La prevención de formación de drenaje ácido está íntimamente relacionada con las pruebas de predicción. Debe desarrollarse un estudio cuidadoso de las condiciones físicas, geográficas, geomorfológicas, geológicas, geoquímicas, hidrológicas (superficiales y subterráneas), etc. El énfasis estará en muestreo y análisis del overburden para identificar materiales productores de alcalinidad o acidez (representatividad y exactitud); mezcla de material productor de acidez con material productor de alcalinidad para neutralización; disposición estratégica del material productor de acidez en retrolenado, en donde el contacto con agua y aire sea mínimo.

• Opciones de manejo

Manejo de rocas estériles de desecho

- Si **son inertes**, pueden **acumularse** en un botadero común o reservarlos para usos en rehabilitación paisajística, geomorfológica, construcciones, etc.
 - Si **no son inertes** y **generan drenaje ácido** deben manejarse en botaderos con manejo especial y contar con recolección de lixiviados y monitoreo permanente.
-

- **Medidas de manejo**

- Mezcla materiales naturales ácidos con materiales naturales básicos (Botaderos)
- Cubiertas húmedas en lagos o embalses construídos, tajos abandonados y disposición submarina en mar Profundo o subacuática en agua dulce. Tiene las ventajas de que la cubierta de agua previene de manera efectiva la oxidación de minerales que forman ácidos (sulfuros); y que es relativamente fácil, no es costosa y puede ser permanente. Tiene las desventajas de que puede tener efecto ecológico en el reservorio, se pueden acumular metales, es posible que ocurran catástrofes por colapso de estructuras y que las estructuras físicas requieren monitoreo y mantenimiento a largo plazo.

La disposición subacuática tiene la ventaja de eliminar peligro de inestabilidad de la superficie, es control efectivo de Drenaje de Rocas Ácidas, causa poco daño medioambiental *aparente* y es permanente. Tiene la desventaja de que es aplicable solo cerca a un océano o a un lago, produce efecto ecológico, puede bioacumularse metales y tiene percepción pública negativa.

La disposición submarina tiene la ventaja de que previene efectivamente la oxidación de minerales que forman ácidos (sulfuro), es menos costosa que las demás alternativas y altera menos el uso existente de la tierra. La desventaja es que puede causar degradación del medio ambiente natural debido a que hay más sólidos suspendidos, concentración de metales, etc.; debe considerar corrientes marinas, acción de las olas, tormentas, migración de peces y pájaros de mar, eventos sísmicos, etc.; y puede ser de difícil aprobación.

- Cubiertas secas en regiones áridas. Tiene las ventajas de que son útiles en áreas en las cuales no es posible o no es factible que haya infiltraciones o flujos torrenciales, es decir, regiones áridas; las cubiertas impermeables se constituyen en una barrera para minimizar la infiltración de agua, la difusión de oxígeno y prevenir producción de drenaje ácido y son solución de largo plazo. Tiene las desventajas de que son costosas de instalar y que las capas de granos finos deben permanecer altamente saturadas.

Tipos de materiales para coberturas

Material	Permeabilidad m/sg	Ventajas/ Desventajas
Arcilla compacta	10-9 a 10-11	No hay disponibilidad en muchas áreas, Sujeto a erosión, rompimiento y penetración de raíces: Buen sellante si se da mantenimiento
Till compacto	10-7 a 10-9	Similar al anterior pero mas permeable
Top soil compacto	10-5 a 10-8	Similar al anterior, pero menos fuerte y mas permeable. Se cuestiona duración a largo plazo
Material de turba/pantano	10-5 a 10-6	Es necesario mantenerlo en condiciones de saturación de humedad. Normalmente no es práctico para pilas elevadas de rocas y en pendientes
Concreto	10-10 a 10-12	Sujeto a rompimiento y daños mecánicos
Asfalto	10-20	Similar al anterior
HDPE sintético	Impermeable	Requiere preparación de la base y cobertura de protección. Alta impermeabilidad. En general su duración se estima mayor a 100 años. Sujeto a penetración mecánica.

Las prioridades del cierre son minimizar la exposición a contaminantes locales (sulfuros en las escorias y rocas de desecho, metales solubles (e.g. As), migración de sólidos de escorias); aislar

las fuentes contaminantes usando cubiertas, remoción, flujos y tratamiento; y reducir el filtrado maximizando el escurrimiento, limitando la infiltración y reduciendo la superficie freática.

Las prioridades Post-cierre son manejo permanente de agua a lo largo del sistema; estabilizar la superficie; limitar cualquier transporte contaminante; lograr un uso de la tierra posterior al cierre; y mantener las colas generadoras de ácido sumergidas o manejadas a perpetuidad. Se debe planear un uso de la tierra posterior a la operación, considerando si es o no necesario volver a rellenar el tajo para eliminar que la roca reaccione y genere drenaje ácido y procurando estabilidad química de las paredes y bancos expuestos del tajo.

Se efectúa análisis de riesgo para establecer la metodología para realizar una priorización de aquellas zonas y operaciones mineras con mayor potencial de generación de drenaje ácido.

- **Tratamiento y control**

El objetivo del tratamiento de drenaje ácido es mitigar sus efectos elevando el pH y removiendo metales tóxicos en forma de sulfuros (CuS , FeAsS , Bi_2S_3 , ZnS , FeS , etc.); hidróxidos ($\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, MnO_2); carbonatos (FeCO_3 , MnCO_3 , ZnCO_3) y sulfatos (CuSO_4 , PbSO_4 , ZnSO_4). La neutralización y la oxidación son las bases para las tecnologías artificiales de neutralización usando aditivos químicos. De acuerdo al tipo de efluente generado se aplica un tratamiento, aunque pueden presentarse mezclas.

TIPO de Drenaje Acido	TRATAMIENTO REQUERIDO
1- Drenaje ácido que no tienen alcalinidad, metales altos y acidez (oxidación)	Adición de base para neutralizar la acidez Oxidación/aireación Sedimentación de los metales presentes en las partículas suspendidas
2 – Drenaje ácido que tiene altos sólidos totales en solución, poco o ningún contenido de oxígeno pero pH alto	Oxidación/ aireación Sedimentación de los metales presentes en las partículas suspendidas
3 - Neutralizado con partículas en suspensión altas y no ha ocurrido la sedimentación de hidróxidos metálicos	Sedimentación de los metales presentes en las partículas suspendidas
4 - Neutralizado con sólidos totales en solución altos y contiene alta dureza pero no contienen metales	Ninguno, el agua puede ser descargada, aunque puede requerirse algún método de ablandamiento para su uso industrial

Los tratamientos de drenaje ácido pueden clasificarse en Activos y Pasivos, según el tipo de sustrato utilizado.

Tratamientos activos

Se conoce como tratamiento activo al que utiliza la adición continua de reactivos químicos. Los reactivos químicos mas utilizados en el tratamiento activo de drenaje ácido son:

Formula	Nombre	Factor de conversión	Eficiencia de neutralización
CaCO ₃	Carbonato de calcio	1.00	30%
Ca(OH) ₂	Hidróxido de calcio	0.74	90%
CaO	Óxido de calcio	0.56	90%
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio	1.06	60%
NaOH	Hidróxido de sodio	0.80	100%
NH ₃	Amoníaco	0.34	100%

Tratamientos pasivos (aeróbicos y anaeróbicos)

En éste tipo de tratamientos se induyen las lagunas y uso de calcáreos naturales en desagües o conductos anóxicos con calizas.

A. Lagunas (Humedales) - Las lagunas (naturales y artificiales) actúan principalmente como captadoras de metales presentes en el drenaje ácido, mediante captación de metales por las plantas vivas, reacciones de intercambio y formación de complejos orgánicos con el sustrato de la matriz de la ciénaga, reacciones químicas y microbiológicas de oxidación/reducción.

Muchos drenajes ácidos tratados en lagunas naturales, presentes en los sitios mineros, sufren reducción en el contenido de sulfatos y de Fe y se presenta elevación de su pH. El uso de lagunas naturales ha sido restringido porque por el flujo de agua por su superficie se inhiben algunas reacciones anaeróbicas indispensables en el tratamiento de drenaje ácido, las lagunas naturales son ricas en ácidos húmicos lo que reduce su capacidad de neutralización; y los drenajes ácidos contienen metales que pueden ser tóxicos para la microbiota y por tanto se contaminan ecosistemas naturales. La construcción de lagunas artificiales (aeróbicas y anaeróbicas) es altamente recomendada porque mejora la apariencia del sitio de explotación minera; provee un hábitat para muchas especies de la zona; y es una herramienta poco costosa para el tratamiento de descargas ácidas o drenajes con sólidos en suspensión. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que después del tratamiento de drenaje ácido en una laguna debe someterse a otros tratamientos adicionales

B. Calcáreos Naturales - Entre los sistemas naturales mas usados están los ductos anóxicos de calizas que se usan para tratar drenaje ácido que tienen bajos niveles de Fe (< 5mg/l) y también bajo contenido de oxígeno (< 1mg/l); sistemas productores de alcalinidad que combinan el uso de ductos anóxicos de calizas con compost anaeróbicos de lagunas; piscinas de calizas que es un método pasivo en el cuál la piscina es construida y se coloca un lecho de caliza y el drenaje ácido fluye hacia arriba a través de él; sistemas reversos de producción alcalina que es un sistema similar a las piscinas alcalinas; canales de calizas abiertos que aumentan el tiempo y espacio de contacto; y ensamblaje de calizas en canales de caliza abiertos que reducen la precipitación de óxidos y aumentan la vida media de efectividad de los calcáreos.

C. Birreactores - El uso de bioreactores permite un manejo de espacios cerrados y el uso de sustratos microbiológicos comunes y disponibles en la zona minera. En los ambientes acuáticos la actividad microbial se centra en la ocurrencia de reacciones químicas de oxidación/reducción que induyen la liberación de H⁺ (oxidación) y el consumo de H⁺, por lo tanto, para el tratamiento de drenaje ácido se requiere que el consumo de H⁺ sea > que su liberación. Existen sistemas microbiales aeróbicos y sistemas microbiales anaeróbicos, cuya aplicación depende de las condiciones existentes en cada sitio minero particular. Algunos ejemplos de materiales comúnmente usados como sustratos en bioreactores son desechos animales, materiales orgánicos, materiales inorgánicos e inoculados.

- **Seguimiento, monitoreo y restauración (mitigación)**
-

El monitoreo se efectúa mediante el uso de indicadores que permiten cuantificar la producción de drenaje ácido y/o la efectividad del tratamiento empleado.

Los principales indicadores de producción de drenajes ácidos y de oxidación de sulfuros son el pH, concentración de Fe, Al, Mn y sulfatos; concentración de metales como Cu, Zn, que pueden ser indicadores secundarios dependiendo de la composición del depósito; otros elementos indicadores y potencialmente tóxicos como Zn, Bi, As, Sb.

Los objetivos generales de la restauración o remediación son reducir la carga de contaminantes a un nivel ambientalmente aceptable controlando los procesos de generación de acidez y/o controlando la migración del drenaje ácido - **Reducción de Carga** (aislamiento por inundación o cobertura, relocalización, remoción y división de las fuentes del drenaje ácido; aumentar la velocidad total de oxidación a un nivel tal que poca piritita permanezca para una etapa de cierre y recuperar y tratar el drenaje de mina - **Recuperación de Metales** (por sistemas biológicos o sistemas convencionales) y tratar el drenaje ácido hasta que la carga del drenaje de mina disminuya a un nivel tal que el drenaje pueda ser descargado al ambiente sin tratamiento - **Tratamiento del drenaje ácido** (tratamientos activos o pasivos)

7.1.7.7 Cuantificación de la medida

Materiales caracterizados, medidas de prevención y control implementadas, frentes con control efectivo de producción de drenaje ácido en el proyecto Angosturas.

7.1.7.8 Lugar de aplicación

Predicción de drenaje ácido se aplica en los materiales que conforman el depósito: material mineralizado valioso y roca estéril, y en los materiales de las zonas que sean intervenidas por actividades propias de la operación minera.

Las medidas de prevención y/o control, seguimiento y tratamiento (mitigación) se aplican en botaderos de estériles de mina, tajo explotado o en explotación, y en áreas intervenidas por la operación minera

7.1.7.9 Población beneficiada

Pobladores localizados en el área de influencia de la mina: California, Vetas, Suratá, Matanza que no verán afectada la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, suelos y Ecosistemas de la región.

7.1.7.10 Mecanismos y estrategias participativas

Greystar contratará de acuerdo con sus políticas de contratación y empleo local a los especialistas, asesores y la mano de obra necesaria para que como parte de su grupo ambiental ejecute las actividades relacionadas con la predicción, prevención y/o control, seguimiento y tratamiento (mitigación) de drenaje ácido. De la misma manera efectuará la socialización de la temática y de los avances en éstas actividades.

7.1.7.11 Personal requerido

Las actividades necesarias para la predicción, prevención y/o control, seguimiento y tratamiento (mitigación) de drenaje ácido hacen parte de las políticas de manejo ambiental de Greystar y por tanto las adelantará con su grupo ambiental.

7.1.7.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

La empresa Greystar desde el inicio de sus actividades exploratorias en la zona desarrolló un base de datos multi-elemento que le permitió generar un modelo de balance ácido-base (ABA) en tres dimensiones para el depósito de Angostura. De acuerdo con su modelo los contenidos de S y Ca son útiles y necesarios para calcular los valores de balance ABA para las rocas mineralizadas y para las rocas estériles. En el depósito de Angosturas la fuente principal de generación de acidez es la pirita y la medición de la concentración de S es la medida más directa del potencial máximo de generación de acidez. La calcita es el mineral principal que se comporta como agente neutralizante, cuyo contenido directo se puede estimar por la concentración de Ca. Lo anterior es posible debido a la intensa alteración presente en Angosturas, que hace que minerales que normalmente pueden contener calcio tales como feldespato cálcico no estén presentes y por tanto no hay otras posibles fuentes de calcio que puedan actuar como agentes neutralizantes.

De acuerdo con lo anterior los parámetros a utilizar en Angosturas para predicción de drenaje ácido es el contenido de S (MAP) y Ca (NNP) en los materiales de mina. De la misma manera el monitoreo de drenaje ácido se efectuará en Angosturas utilizando éstos indicadores que permiten cuantificar la producción de drenaje ácido y/o la efectividad del tratamiento empleado en caso de que se haya producido drenaje ácido.

Adicional a lo anterior podrán utilizarse indicadores de producción de drenaje ácido y de oxidación de sulfuros tales como: pH, concentración de Fe, Al, Mn y sulfatos; y concentración de metales como Cu, As, Bi, Sb, Zn, que pueden ser indicadores secundarios dependiendo del frente de explotación y de los materiales evaluados en el depósito.

7.1.7.13 Responsable de la ejecución

La empresa minera es la responsable legalmente por la Predicción, prevención y/o control, seguimiento y tratamiento (mitigación) del drenaje ácido durante la operación y a largo plazo después del cierre de la operación.

7.1.7.14 Cronograma

Todas las acciones y actividades (predicción, prevención y/o control, seguimiento y tratamiento - mitigación) propuestas en este programa deberán adelantarse durante las etapas: preoperativa, operativa, post-operativa, cierre, post-cierre y abandono.

Pre-operación - Antes de iniciar las operaciones mineras en un nuevo frente deberán efectuarse las pruebas de potencialidad de generación de drenajes ácidos en los materiales estériles o de desecho.

Durante la operación - A medida que se avanza en la extracción de carbón y teniendo en cuenta aquellos estratos que presentaron potencialidad de generación de acidez se deberán efectuar las pruebas de predicción (cinéticas y estáticas) y proceder a aislar y manejar los materiales potencialmente generadores.

Post-operación - Después de finalizada la extracción del carbón de un tajo se deberán tener en cuenta los materiales potencialmente generadores de acidez para proceder a su aislamiento y manejo a fin de prevenir la generación de DAM.

Cierre, Post-cierre y Abandono - Durante el cierre, post-cierre y abandono, una vez finalizada la extracción del carbón se deberán tener en cuenta los materiales potencialmente generadores de acidez para proceder a su aislamiento y manejo a fin de prevenir la generación de DAM y proceder al cierre de la operación.

7.1.7.15 Presupuesto

Los costos del tratamiento de drenaje ácido han venido siendo un componente apreciable de los costos totales de la explotación minera y del desarrollo de planes de mitigación; son inherentes a los costos de operación y deben estar incluidos en el presupuesto de obra del proyecto. Los costos previstos se minimizan si se hace una buena predicción de la generación de drenaje ácido antes de comenzar la explotación y si se adelantan medidas de prevención y tratamiento adecuado durante la explotación minera.

Existen numerosas opciones y métodos para la prevención y tratamiento de drenaje ácido, la conveniencia de su aplicación depende de las particularidades de cada depósito y también de los costos y posibilidades financieras de la compañía explotadora. Si ocurre drenaje ácido se debe considerar estimativos de capital y costos para su tratamiento, por ejemplo:

Costos $\cong f$ (volumen, $[SO_4]$, $[M^{x+}]$, reactivo, otras condiciones específicas del sitio)

TIPO DE PLANTA	Convencional Alta densidad Alta densidad elevada (potenciada)
VOLUMEN	55 m ³ /hr 190 m ³ /hr 820 m ³ /hr
ACIDEZ	50 mg/l 500 mg/l 5000 mg/l

Los Costos totales del tratamiento, en caso de producirse drenaje ácido, incluyen costos de infraestructura (equipos y construcciones) y costos del tratamiento (operación de planta, insumos - cal, floculantes, mantenimiento, mano de obra, energía eléctrica y otros costos indirectos - disposición de desechos finales)

Los principales componentes de los costos de capital para un sistema de tratamiento se resumen a continuación son:

COMPONENTE	COSTO DE CAPITAL
Planta de Tratamiento de Cal	Costo de la Planta
Infraestructura - vías, línea de energía eléctrica, campamentos	Adicional
Sistema de manejo de Agua - recolección, control de flujos máximos, sistemas de bombeo	Adicional
Disposición de Lodos - costo de construcción del depósito	Adicional
Otros Requerimientos específicos - manejo de efluentes, requerimientos especiales sobre el manejo de flujos pico a través de la planta, etc.	Adicional
COSTOS TOTALES DE CAPITAL	"Σ DE TODOS LOS COSTOS"

Los costos de la planta de tratamiento de drenaje ácido hacen parte de los costos operativos del proyecto, en la medida en que las aguas neutralizadas podrán ser reutilizadas en el proceso.

7.1.8 Programa de compensación por afectación de la cantidad de agua

7.1.8.1 Objetivos

Compensar la afectación cuantitativa de la cantidad de agua, por la disminución de la escurriencia superficial ocasionada por la pérdida de la cobertura vegetal.

7.1.8.2 Metas

Desarrollar en conjunto con las asociaciones de mineros que vierten las aguas y la corporación.

7.1.8.3 Etapas

Este programa iniciará una vez se firmen los cuerdos con la CMB y las asociaciones mineras.

7.1.8.4 Impactos por controlar

Afectación cuantitativa de la cantidad del agua

7.1.8.5 Tipo de medida

Compensación.

7.1.8.6 Acciones por desarrollar

Realizar convenios institucionales con la CDMB, para apoyar los proyectos que esta adelantando la corporación con las asociaciones mineras para la disminución de la cantidad de mercurio en el proceso de beneficio del oro y la tecnificación de la artesanal.

Apoyar técnicamente a las asociaciones mineras en la realización de estudios que permitan llegar al diseño de un sistema de tratamiento de las aguas y los lodos de proceso donde se induyan a todos los mineros que utilizan la quebrada.

Realizar convenios con universidades para realización de las jornadas de caracterización fisicoquímica del agua de la quebrada y de los lodos del proceso.

7.1.8.7 Lugar de aplicación

Quebrada La Baja.

7.1.8.8 Población beneficiada

Asociaciones mineras cuya fuente de abastecimiento de agua para uso industrial es la quebrada y usuarios del río Vetás.

7.1.8.9 Mecanismos y estrategias participativas

Coordinación con CDMB y las asociaciones mineras.

7.1.8.10 Personal requerido

Ingenieros sanitario, hidráulicos, estructurales y tecnólogos.

1 Trabajador social, sociólogo o antropólogo

7.1.8.11 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Número de convenios firmados y llevados a cabo.

7.1.8.11.1 Responsable de la ejecución.

El responsable de la ejecución estará a cargo de Greystar.

7.1.8.11.2 Cronograma

El se ajusta al plazo de los convenios.

7.1.8.11.3 Presupuesto

Esta actividad no tiene costos a los ya previstos como parte de los planes de manejo socioeconómico.

7.1.9 **Manejo de residuos sólidos**

7.1.9.1 Objetivos

- Establecer las medidas de mitigación, prevención y control para el manejo integral de residuos sólidos domésticos, peligrosos, especiales e industriales durante la etapa de instalación y operación del proyecto aurífero Angostura.
- Realizar la disposición final del 100% de los residuos sólidos generados por el proyecto de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

7.1.9.2 Metas

Establecer e implementar un programa de separación, manejo, transporte y disposición final para todos los residuos sólidos domésticos, especiales e industriales generados en el proyecto que tienda a minimizar la generación de residuos y promover medidas de reutilización.

7.1.9.3 Etapas

Instalación y construcción.

7.1.9.4 Impacto ambiental

Alteración de la calidad del agua

Pérdida y alteración de suelos

Generación de residuos sólidos domésticos e industriales

7.1.9.5 Tipo de medida

Prevención y mitigación.

7.1.9.6 Acciones por desarrollar

Las actividades constructivas en proyectos de esta magnitud son fuentes generadoras de residuos sólidos domésticos, especiales e industriales, debido a las poblaciones fijas y flotantes que se manejan y a los materiales que deben utilizarse para la construcción de estructuras, mantenimiento de maquinarias e instalación y desmonte de zonas de uso temporal.

Para el desarrollo del proyecto, se estima una generación diaria máxima de residuos de 650 Kg, cantidad esperada durante la contratación pico de personal para la construcción de la infraestructura para la instalación de equipos, la construcción del campamento y embalse la cual se estima en 1445 personas. Para el cálculo de los residuos producidos se utilizó una tasa de generación de 0,45 kg/hab-día.

Además de los residuos domésticos, los cuales se consideran comunes, hay un porcentaje de residuos de difícil determinación, que se consideran especiales y peligrosos y su producción varía de acuerdo con las fases del proyecto, las necesidades de mantenimiento de maquinaria, el daño de herramientas o electrodomésticos que son poco viables de reparar y las cantidades de reactivos químicos que se utilizarán en la planta de procesos y las pilas de lixiviación. Por ésta razón, es necesario establecer medidas de manejo para este tipo de residuos cuando sean generados.

7.1.9.6.1 Residuos sólidos Domésticos

Los residuos sólidos domésticos son aquellos generados en el área del campamento, comedor y oficinas, y están asociados a los hábitos de vida de la población del proyecto. Las medidas a implementar se describen a continuación:

7.1.9.6.1.1 Segregación en la fuente

Para hacer una adecuada segregación en la fuente, es responsabilidad del Greystar realizar capacitaciones al personal vinculado, sobre el manejo y uso de los diferentes recipientes para la disposición temporal de los residuos sólidos.

En los lugares donde haya una alta aglomeración de personas, se pondrán recipientes diferenciados por color y el tipo de residuo que deben contener. La identificación de los recipientes y los colores usados serán los estipulados en la norma técnica colombiana GTC 024, como se ilustra en la Figura 7.1-14.

Los recipientes de color rojo serán utilizados para depositar residuos de riesgo biológico, los azules para la disposición de plásticos, los verdes para la disposición de residuos ordinarios e inertes, los grises para la disposición de papel y cartón, los blancos para el almacenamiento de vidrio y latas y los de color beige para el almacenamiento de materiales biodegradables.

Figura 7.1-14 Identificación de recipientes para almacenamiento de residuos



Los recipientes para el almacenamiento de los residuos en oficinas, baños, campamentos, áreas deportivas, áreas sociales y demás, deberán ser resistentes, impermeables, livianos, de fácil limpieza y cargue y deberán estar identificados según el tipo de residuo que vayan a contener.

Para el área de enfermería se usarán recipientes con tapa de color rojo, con pedal, identificadas con el logotipo de riesgo biológico.

El tipo de recipientes propuesto, su capacidad y cantidad se presentan a continuación en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 7.1-9 Características de los recipientes para el almacenamiento de residuos

Descripción	Características de identificación	Capacidad	Cantidad estimada requerida
Recipiente gris	Papel y cartón	40 litros	20
Recipiente verde	Ordinarios e inertes	40 litros	20
Recipiente azul	Plásticos	40 litros	20
Recipiente Beige	Biodegradables	40 litros	20
Recipiente Blanco	Vidrio y latas	40 litros	20
Recipientes de color rojo, con tapa y pedal.	Riesgo biológico	12 litros	4

Se establecerá un punto de acopio temporal de residuos sólidos en la zona de la planta de beneficio y en el campamento para facilitar la recolección del vehículo. Este punto de acopio temporal será diseñado de tal manera que se minimice la generación de malos olores y el ingreso de animales. Adicionalmente, para su ubicación se debe tener en cuenta que sea un sitio de fácil maniobrabilidad para el vehículo recolector y para los operarios.

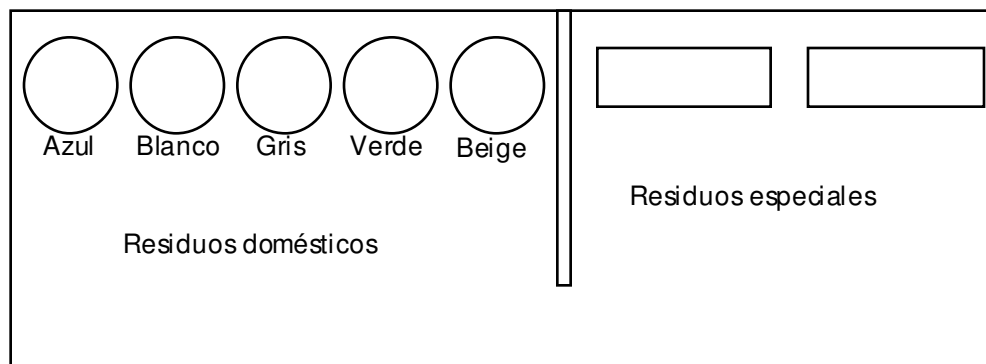
El cuarto de almacenamiento temporal de cada sitio deberá ser diseñado para almacenar un volumen de residuos de 0,37 m³ como mínimo, teniendo en cuenta una recolección de dos veces por semana, una tasa de generación de 0,45 kg/habitante-día, una población de 145 personas y un peso específico de los residuos mezclados de 350 kg/m³. Deberá tener un área suficiente para el almacenamiento de los residuos de dos días, contar con iluminación, extintor multipropósito, circulación de aire y estar bajo llave cuando no se encuentre en uso. El cuarto deberá mantenerse en buenas condiciones higiénicas, además de realizarle cada dos meses jornadas de fumigación para el control de vectores.

El cuarto de almacenamiento servirá para almacenar los residuos domésticos y especiales. Un esquema del cuarto de almacenamiento se muestra en la Figura 7.1-15.

Figura 7.1-15 Almacenamiento típico residuos especiales



Figura 7.1-16 Esquema de planta de punto de almacenamiento



7.1.9.6.1.2 Recolección y transporte

Se establecerá una frecuencia de recolección manual cada dos días. Estos residuos serán llevados al cuarto de acopio temporal, mientras que la recolección con vehículo para la disposición final será de 2 veces por semana.

La recolección dentro de la zona de la planta de beneficio y el campamento se realizará en recipientes con ruedas y tapa, debidamente identificados con el tipo de residuo a transportar.

La recolección en los frentes de obra y en la zona de producción de concreto se realizará mínimo dos veces por semana o con una mayor frecuencia, si el volumen de residuos lo amerita. Se recomienda la utilización de canecas metálicas de 55 galones, rotuladas y pintadas según la identificación dada por la GTC 024.

El manejo de los residuos lo realizará personal debidamente capacitado, utilizando los elementos de protección adecuados.

Durante cada recolección se cambiará la bolsa de los recipientes y se verificará el estado de los mismos para programar su limpieza o mantenimiento.

Los residuos serán aforados con el fin de tener control sobre la generación de residuos reciclables y putrescibles.

Para la recolección de los residuos se debe disponer de un vehículo con capacidad de 7 m³, conductor y tres operarios de recolección para realizar el recorrido por los frentes de obra, campamento y talleres. Estos mismos operarios realizarán las actividades de disposición y compactación con la supervisión del responsable del relleno sanitario en el caso en el que se construya.

7.1.9.6.1.3 Tratamiento y disposición final

Los residuos sólidos convencionales tendrán dos (2) tipo de alternativas para su tratamiento y disposición final, la primera será en un relleno sanitario manual construido por el Proyecto. La segunda alternativa, consistirá en la disposición en el relleno sanitario que se proyecta construir en el municipio de Matanza o en la planta de compostaje que se planea construir en el municipio de Suratá. En caso de que se decida construir el relleno sanitario se deberán tener en cuenta los lineamientos que se presenta a continuación. Si la alternativa seleccionada es la segunda, antes de la disposición de los residuos se deberá pedir la expedición del permiso por parte de la empresa de servicios públicos para recibir los residuos.

Para el diseño del relleno sanitario se tendrán en cuenta las siguientes características:

Características de Diseño	Datos o Valores
Tipo de Relleno	Rampa o trinchera
Ubicación del relleno	Conservar una distancia de 500 m a cuerpos de agua superficial. En sectores que no interfieran drenajes naturales En zonas que no posean fallas geológicas o que hallan experimentado desplazamiento. Donde los niveles freáticos se encuentren a una distancia mínima de 5 m del fondo del relleno a la tabla de agua.
Tipo de operación	Compactación Manual.
Tiempo de operación	15 años para las fases de instalación y operación.
Población máxima atendida	1445 personas entre flotantes y fijas.

Características de Diseño	Datos o Valores
Producción per capita Teórica	0.45 kg/habitante. día Tomado del RAS 2000 para una población de baja complejidad.
Cantidad máxima de residuos a disponer	650 kg/día
Impermeabilización	Capa de arcilla de 1 m (RAS 2 000). Si, por razones topográficas o geotécnicas, la capa de arcilla no ofrece adecuada impermeabilización, se debe usar geosintético de 40 o 50 mil.
Manejo de gases y lixiviados	Para la construcción del relleno es necesario instalar un sistema de drenaje de lixiviados y evacuación de gases para mantener la estabilidad del terreno y minimizar los riesgos ambientales. Debe contar con un sistema de drenaje de aguas lluvias. La evacuación de gases en el relleno deberá realizarse con la construcción de chimeneas que atraviesen en sentido vertical el relleno, desde el fondo hasta la superficie. La construcción de las chimeneas se realizará en piedra, con una tubería perforada de PVC que salga a la superficie.
Tipo de cobertura	Excedentes provenientes de las áreas de excavación, con una capa mínima de 0.10 m.
Cobertura final de cierre	Empradización
Operación	El encargado de la operación del relleno, deberá realizar la cobertura diaria de los residuos para evitar la proliferación de olores y vectores. Deberá establecer un área para la maniobrabilidad de los vehículos que depositarán los residuos sobre la celda diaria de trabajo y un área para la disposición del material diario de cobertura. Los operarios deberán contar con herramienta manual para la compactación y el cubrimiento de los mismos. El perímetro del relleno sanitario deberá estar delimitado con una cerca de 2,5 m de altura. Este deberá quedar bajo llave cuando no se esté utilizando.
Cierre	Una vez terminado el proyecto de construcción, se establecerá un plan de cierre y finalización de las operaciones del relleno sanitario, con el diseño de un plan de manejo de gases y lixiviados, que deberá entregar el diseñador del relleno. Se llevarán a acabo obras finales de adecuación de celdas, revegetalización y señalización de cierre, con el fin de evitar futuros problemas de erosión y uso del suelo.

Para el manejo de los residuos reciclables se propone la participación de cooperativas de recicladores o un gestor externo, que se encarguen del aprovechamiento final de los mismos. Para esto se deberá llevar un registro del peso y volumen de residuos recolectados para reciclaje que son entregados a la cooperativa o gestor externo, quien deberá proporcionar un acta indicando el aprovechamiento final dado a cada residuo. Estas medidas incrementarían la vida útil del relleno y disminuirían el área requerida para disposición final.

7.1.9.6.2 Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que se clasifican por sus características fisicoquímicas como corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, infecciosos o radiactivos y por lo tanto pueden causar riesgo sobre la salud humana y el medio ambiente. También son considerados peligrosos, los recipientes que hayan estado en contacto con este tipo de residuos.

Es probable, que este tipo de residuos sean generados en las áreas de talleres, en las plantas de tratamiento de agua tipo API y en las zonas de abastecimiento de combustibles, donde residuos de aceites, productos químicos, grasas y baterías ácidas de plomo son producidos por el mantenimiento de equipos y maquinarias.

Dentro de este tipo de residuos, se pueden agrupar además los residuos hospitalarios del área de enfermería, por sus características infecciosas. Estos últimos están compuestos principalmente por gasas, jeringas, algodones contaminados con sangre y residuos farmacéuticos, de actividades de atención primaria y jornadas de vacunación.

7.1.9.6.2.1 Segregación en la fuente

Los residuos peligrosos generados en talleres, deberán empacarse en contenedores metálicos, bien sellados y debidamente identificados con el tipo de residuo contenido y si es el caso con la hoja de seguridad del tipo de residuo. Su almacenamiento temporal, se hará separadamente en un punto de almacenamiento contiguo a la zona de talleres. Estos deben estar protegidos de la lluvia y el sol, y contar con canales perimetrales o soportes que puedan contener un derrame de aceite igual al volumen del número de canecas de 55 gal a almacenar. Para el caso de los residuos hospitalarios se deberán almacenar en recipientes de color rojo y bolsa roja especificando que son residuos de riesgo biológico.

El personal encargado de la manipulación de este tipo de residuos deberá estar capacitado en el manejo y almacenamiento de residuos peligrosos y en la prevención de accidentes y medidas de acción en caso de emergencia.

Las áreas de segregación estarán bien identificadas, señalando los tipos de riesgo y las incompatibilidades entre materiales.

7.1.9.6.2.2 Recolección y transporte

Los residuos peligrosos serán recolectados y transportados por un gestor externo, quien se encargará de realizar su aprovechamiento, tratamiento o disposición final. El transporte de los residuos deberá cumplir con lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El gestor externo y el encargado de la gestión ambiental del proyecto, deberán diligenciar un formato en donde quede especificado el tipo de residuos recolectados, su presentación y el peso o volumen.

7.1.9.6.2.3 Tratamiento y disposición final

El gestor externo será responsable del tipo de tratamiento y disposición final del residuo. Sin embargo, deberá expedir un acta donde se indique el tipo de tratamiento dado y su disposición final.

El gestor externo seleccionado para la gestión de los residuos peligrosos deberá contar con licencia ambiental, estar legalmente constituido y reconocido por la autoridad ambiental local.

7.1.9.6.3 Residuos especiales

Los residuos especiales son aquellos poco comunes, que se presentan en volúmenes considerables y son de difícil manejo. Dentro de este tipo de residuos se pueden clasificar las llantas, los lodos de las plantas de tratamiento de agua, la chatarra que pueda generarse por el

desmantelamiento de estructuras o por la reparación de equipos, tambores, empaques, canecas y bolsas para el embalaje de productos químicos.

7.1.9.6.3.1 Segregación en la fuente

Los residuos especiales, a excepción de los lodos de las plantas de tratamiento de agua, serán dispuestos en los cuartos de almacenamiento temporal, hasta que se haga su respectiva recolección por un gestor externo y por el proveedor en el caso de los recipientes que transportan productos químicos (reactivos) para los diferentes procesos. Los lodos deberán esparcirse en un área determinada, aislada del suelo con el uso de un geotextil, para propiciar su secado y realizar su posterior recolección y disposición en el relleno sanitario.

7.1.9.6.3.2 Recolección y transporte

Estos residuos serán trasladados a centros de aprovechamiento industrial o donados para su aprovechamiento secundario. Su transporte se realizará en vehículos de adecuada capacidad, donde los residuos estén protegidos del agua y el sol y sin riesgo de causar algún tipo de accidente durante su transporte.

Los lodos de las plantas de tratamiento de agua serán recogidos después de su secado, estos se recogerán en días diferentes a los establecidos para los residuos domésticos, y serán utilizados como material de cobertura para el cerramiento del relleno sanitario o de las zonas de depósito.

7.1.9.6.3.3 Tratamiento y disposición final

Estos residuos serán aprovechados por parte de un gestor externo o el proveedor, quien será el encargado de hacer la disposición final de las partes no aprovechables o no reciclables.

7.1.9.7 Cuantificación de la medida

7.1.9.8 Lugar de aplicación

Estas medidas se llevarán a cabo en los frentes de obra, talleres, zona de producción de concreto, zona de la planta de beneficio.

7.1.9.9 Población beneficiada

La población beneficiada corresponde a todo el personal asociado al proyecto el cual se estima puede alcanzar un máximo de 1445 personas.

7.1.9.10 Responsable de la ejecución

El CONTRATISTA será el responsable del manejo integral de los residuos sólidos durante la etapa de planeación e instalación del proyecto y en operación GREYSTAR.

7.1.9.11 Cronograma de ejecución

El manejo integrado de residuos sólidos se llevará a cabo durante la etapa de instalación y operación del proyecto.

7.2 MEDIO BIÓTICO

7.2.1 Programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats

7.2.1.1 Objetivos

Establecer áreas para conservación, protección y recuperación de ecosistemas como compensación por la pérdida de cobertura vegetal y hábitats que generará el proyecto aurífero.

Disminuir la fragmentación actual del cinturón de los ecosistemas de bosque altoandino, subpáramo y páramo en el sector norte del proyecto, por medio de restauración pasiva y activa como compensación por la fragmentación de estos tres ecosistemas.

7.2.1.2 Metas

Recuperación de hábitats y corredores biológicos de los pisos biodinámicos altoandino, subpáramo y páramo en el extremo norte de la Serranía de Santurbán.

Integración de las áreas de compensación ambiental del proyecto aurífero con el Parque Regional de Sisavita declarado por CORPONOR y la propuesta de la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) del Parque Regional de Santurbán.

Protección de especies de vegetación y fauna nativa con estatus especial de conservación nacional e internacional.

Reducción de la fragmentación del cinturón de subpáramo y de bosque altoandino en el sector norte del proyecto minero.

La meta de este programa es que por lo menos el 75% de las áreas que requieren restauración en las zonas de compensación, se encuentren listas al finalizar la explotación minera y el 100% deberá estar totalmente restaurado al finalizar el plan de cierre. En caso de que lo anterior no sea posible por las limitantes ambientales, el proyecto deberá garantizar los recursos necesarios para que este proceso culmine.

7.2.1.3 Etapas

Este programa se implementará a partir de la etapa de instalación, y en los primeros años de la operación del proyecto.

7.2.1.4 Impactos por controlar

Pérdida de cobertura vegetal y hábitats; pérdida de individuos vegetales; desplazamiento o pérdida de individuos de fauna terrestre por eliminación y alteración de hábitats; alteración de poblaciones de especies de vegetación y fauna con estatus especial de conservación; incremento en la fragmentación de hábitats y de corredores biológicos; alteración de redes tróficas; pérdida de suelo; alteración ecológica y visual del paisaje.

7.2.1.5 Tipo de medida

La medida tomada para estos impactos corresponde a una medida de compensación.

7.2.1.6 Acciones por desarrollar

Teniendo en cuenta que la pérdida de cobertura vegetal y hábitats es un impacto inevitable, así como la importancia regional y nacional de los ecosistemas presentes en la Serranía de Santurbán, y las presiones antrópicas debido a la explotación de sus recursos vegetales y faunísticos, es necesario compensar en la zona norte de la Serranía la pérdida de cobertura vegetal y hábitats ocasionada como resultado de la ejecución del proyecto aurífero.

La ejecución de este Programa de compensación ambiental se direcciona acorde al cumplimiento de algunos objetivos del “Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos” (MMA, 2001), en lo que conculme al desarrollo de proyectos de investigación en restauración ecológica, así como priorización de áreas y especies de flora y fauna para la implementación de proyectos piloto en restauración ecológica, conservación y uso sostenible de ecosistemas de alta montaña, más aun de páramo.

Según lo indicado por MMA (2001), los recientes esfuerzos de inversión de este programa se concentran en las Ecorregiones Estratégicas del orden nacional, regional y local (Macizo Colombiano, Sierra Nevada de Santa Marta, Región Nororiental-Sierra Nevada del Cocuy, cordillera Central y Serranía de Perijá) en cuanto al cubrimiento en zonas de la alta montaña, especialmente en páramo y subpáramo.

Con la ejecución de este programa de compensación se contribuirá en el desarrollo de los proyectos incluidos en el Marco estratégico para la planificación y el manejo ambiental de los ecosistemas compartidos de páramos, subpáramos y bosques altoandinos en la Unidad Biogeográfica de Santurbán (Santander y Norte de Santander).

En tal sentido, se ha previsto la ejecución de tres acciones: 1) compra de predios para la conformación del “área de compensación ambiental” por parte de Greystar Ltda., 2) conservación y restauración de la cobertura vegetal en el “área de compensación ambiental” y 3) investigaciones en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, en zonas experimentales del “área de compensación ambiental” (ver Programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo).

Las acciones de este PMA se toman para los pisos bioclimáticos altoandino, subpáramo y páramo y geográficamente cubren prioritariamente el extremo norte de la serranía de Santurbán (norte de las obras del proyecto), acorde a la importancia referida en la línea base del proyecto y la Zonificación Ambiental del Proyecto de este sector (ver capítulo 6, Zonificación Ambiental del Proyecto). A continuación se detalla la tasa de compensación planteada, los criterios de selección de las “zonas de compensación” y en el Plano PL-MA-CBIOT-004 se detallan las áreas prioritarias y secundarias planteadas para el Programa.

- **Compra de predios como “área de compensación ambiental”**

Tasa de compensación ambiental

El total de las obras requeridas para la ejecución del proyecto aurífero ocupa una extensión de 1086 ha. Se propone la compensación ambiental en proporción 6:1 del total de área intervenida por el proyecto, por tanto el “área de compensación ambiental” deberá tener una extensión total de 6480 ha, de manera que se compense la pérdida de cobertura vegetal y hábitats presentes en los pisos bioclimáticos de Páramo, Subpáramo o páramo bajo y Bosque Andino (Tabla 7.2-1).

Tabla 7.2-1 Cobertura vegetal de los pisos bioclimáticos de páramo, páramo bajo o subpáramo y bosque andino que será intervenida por el proyecto

Piso Bioclimático	Cobertura vegetal	Extensión (ha)
Páramo (456 ha)	Bosque altoandino	15,1
	Matorral	9,1
	Pajonal	264,1
	Pajonal con matorral	99,6
	Pajonal con arbustos y arboles	0,6
	Pastos naturales de subpáramo	10,7
	Laguna glaciarias	0,1
	Campos de rocas	6,8
	Afloramientos rocosos	49,1
	Tierras eriales	0,5
Páramo bajo subpáramo (119 ha)	Bosque altoandino	13,7
	Bosque andino	0,3
	Rastrojos altos	0,4
	Matorral	7,0
	Pajonal	54,5
	Pajonal con matorral	36,4
	Pastos naturales de subpáramo	5,0
	Pastos enrastrados	0,6
	Tierras eriales	0,9
Zona Andina (511 ha)	Bosque altoandino	288,7
	Bosque andino	11,8

Piso Bioclimático	Cobertura vegetal	Extensión (ha)
	Rastrojos altos	11,3
	Rastrojos bajos	29,5
	Matorral	32,7
	Pajonal	74,6
	Pajonal con arbustos y árboles	5,3
	Pajonal con matorral	15,6
	Pastos naturales de subpáramo	0,9
	Pastos arbolados	8,3
	Pastos enrastrados	4,6
	Pastos naturales	23,1
	Tierras eriales	5,0

Criterios de selección de predios por adquirir

Para la elección de los predios destinados a la compensación ambiental, para uso de protección ambiental, Greystar podrá disponer de predios que actualmente sean de su propiedad y comprar los predios adicionales que se requieran, teniendo en cuenta el cumplimiento de la mayoría de los siguientes criterios:

- Criterios ambientales

En lo posible cerca de zonas intervenidas por el proyecto, que faciliten las actividades de restauración y que incrementen la probabilidad de éxito del ahuyentar y trasladar fauna silvestre.

En su mayoría zonas con ecosistemas de páramo, en segundo lugar subpáramo y bosque altoandino, en tercer lugar bosque andino.

En su mayoría en suelos con aptitud de uso de conservación.

Preferiblemente zonas que permitan la conectividad con ecosistemas aledaños en el corto y mediano plazo.

En lo posible zonas de microcuencas abastecedoras del recurso hídrico.

Preferiblemente en zonas aledañas a ecosistemas estratégicos a nivel local y regional, como el Parque Regional de Sisavita, propuesto por CDMB.

En lo posible zonas con reconocidos cuerpos de agua como la Laguna de Páez y Quelpe.

Preferiblemente en zonas densas en lagunas en subpáramo o páramo.

En su mayoría zonas de especial interés paisajístico o que compensen la calidad del paisaje.

- Criterios socioeconómicos

Preferiblemente fuera de zonas urbanas, centros poblados y corredores de viviendas a borde de ríos, para reducir la reubicación de población y que limiten sus actividades cotidianas normales.

En lo posible fuera de corredores de zonas con pequeña minería e infraestructura, especialmente vías.

En su mayoría fuera de zonas de intenso uso agrícola en primera medida y en segundo lugar, ganadero.

En lo posible predios grandes (más de 100 ha de extensión) o bien predios medianos (50 a 100 ha), ubicados en su mayoría en páramo y en segundo lugar, subpáramo.

En lo posible fuera de áreas de especial interés cultural para las comunidades locales.

- Criterios mineros y de la propiedad

Inicialmente en sectores de los predios de propiedad de Greystar, que no estén siendo explotados ni sean objeto de exploraciones mineras a mediano plazo.

En lo posible fuera de áreas con concesión minera otorgadas por el Ministerio de Minas y Energía.

Preferiblemente a más de 5 km de distancia de vías principales regionales o municipales.

Algunas de las estrategias que se proponen para la adquisición, manejo y posterior administración de los predios adquiridos como “área de compensación ambiental” son:

- Restauración y administración de las áreas de compensación a cargo de Greystar Ltda.
- Restauración y posterior entrega de los predios al municipio o a la autoridad ambiental regional para su incorporación como áreas estratégicas y de conservación.
- Restauración de predios privados con financiación del proyecto para que continúen siendo administrados por sus propietarios, incentivando la creación de reservas de la sociedad civil.

Ubicación geográfica de las área propuestas

Los fragmentos que conforman el área de compensación ambiental rodean la zona norte de las obras del proyecto, que en general corresponde a un arco externo al proyecto entre la zona norte de los Centros poblados de Vetas y California. Se diferencia en la propuesta del PMA fragmentos prioritarios que cubren con mayor número de criterios ambientales, socioeconómicos, mineros y de

la propiedad de la tierra, seguido de fragmentos que cumplen en menor nivel los criterios establecidos.

- **Restauración y conservación de la cobertura vegetal**

Definiciones generales

La restauración ecológica es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas nativos de una región (Vargas, 2007).

Debido a la heterogeneidad en los tipos de coberturas vegetales, del estado de conservación de estas y de la historia de uso del suelo, es importante abordar dos estrategias de restauración del ecosistema, estas son la restauración pasiva y la activa.

- Restauración pasiva

Se refiere a la regeneración de los ecosistemas por sí solos cuando no existen barreras que impidan la sucesión natural. Este tipo de restauración se puede implementar en áreas poco intervenidas y que limiten con zonas en buen estado de conservación. Los esfuerzos en las zonas por restaurar pasivamente deben ir dirigidos hacia el control y aislamiento del área para suprimir los factores tensionantes que actúan como barrera de la regeneración natural.

- Restauración activa o asistida

Cuando los ecosistemas están muy degradados no pueden regenerarse solos, por lo cual es necesario ejecutar acciones para lograr su recuperación y garantizar que se puedan desarrollar procesos de regeneración natural. La restauración activa se puede implementar en áreas intervenidas y afectadas por diferentes tipos de disturbio.

Pasos para la restauración ecológica

Aunque no existen recetas para restaurar un ecosistema, por la particularidad intrínseca de cada sitio, si existen recomendaciones generales basadas en la teoría y en los conceptos de la restauración ecológica y en las experiencias acumuladas en los intentos de restaurar diferentes ecosistemas en el mundo (Vargas, 2007).

Los pasos básicos en el proceso de la restauración ecológica según Vargas (2007) son:

- Fase diagnóstica

1. Definir el ecosistema o comunidad de referencia.
 2. Evaluar el estado actual del ecosistema o comunidad.
 3. Definir las escalas y niveles de organización.
 4. Establecer las escalas y jerarquías de disturbio.
-

- Fase diagnóstica-experimental

5. Lograr la participación comunitaria.
6. Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema.
7. Identificar las barreras a la restauración en diferentes escalas.

- Fase experimental

8. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración.
9. Propagar y manejar las especies.
10. Seleccionar los sitios.
11. Diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración.
12. Monitorear el proceso de restauración.
13. Consolidar el proceso de restauración.

En el estudio de la línea base para los contextos de vegetación y usos del suelo enmarcados dentro del EIA, se abordó parte de la fase diagnóstica, mientras que en el presente programa se dan los lineamientos generales de la fase experimental principalmente, que por supuesto requiere estudios diagnósticos detallados para las áreas que serán objeto de restauración.

De acuerdo con los anteriores pasos, la restauración de estas zonas, se inicia con la planeación detallada de la intervención, para lo cual se realiza un reconocimiento minucioso de las áreas, planeando la secuencia de actividades por seguir.

La planeación se orienta hacia la determinación de franjas de restauración, con el criterio de realizar conexiones y crear condiciones microclimáticas para agilizar en sectores aledaños a estas áreas la regeneración natural, considerando además estrategias para facilitar la dispersión de semillas y enriquecimiento del sustrato, logrando de esta forma en el mediano plazo aumentar la cobertura vegetal.

Para los sitios con intervención alta, se recomienda la siembra de especies pioneras y/o fijadoras de nitrógeno, especies consumidas por la fauna silvestre y el enriquecimiento florístico con especies nativas de rápido crecimiento en áreas con perturbación intermedia.

La técnica por aplicar para la restauración de la vegetación riparia es la de plantación seral, que consiste en introducir especies y morfotipos de la etapa sucesional inmediatamente posterior al estadio sucesional presente en el momento de la intervención.

Se realizan varias plantaciones sucesivas, distanciadas por lapsos de meses o años de acuerdo con la evolución de los tratamientos, introduciendo en cada una los juveniles de una etapa más avanzada.

El tiempo entre plantaciones se determina por el desarrollo sucesional alcanzado, de tal forma que el seguimiento del desarrollo del material plantado y la diagnosis de claves de acceso a la etapa siguiente (cambios edáficos, fisiológicos o florísticos), indican la siguiente plantación.

Restauración activa y enriquecimiento florístico

- Tratamientos por realizar

Para el establecimiento de los tratamientos, se preparará cartografía detallada (1:1000) del terreno por intervenir, en la cual se mapeificarán los distintos tipos de cobertura vegetal y las condiciones topográficas y edáficas (básicamente pendiente, textura y humedad).

Los tipos de tratamiento por desarrollar, se muestran de forma resumida en la Tabla 7.2-2.

Tabla 7.2-2 Condiciones del lugar y tipos de tratamiento para restauración

Condiciones del lugar	Tipo de tratamiento
Predominio de sustrato desnudo	Introducción de herbáceas
Cobertura herbácea abierta (pastizales)	Consolidación de herbáceas
Cobertura herbácea cerrada (rastros bajos)	Introducción del precursor leñoso
Cobertura herbácea - arbustiva (Miscelánea rastros bajos - altos)	Consolidación del precursor leñoso
Cobertura arbustiva cerrada (rastros altos)	Inducción predimámica - sombreado intensivo
Bosques medianos y altos	Llenado de claros y borde de ecotonos

Normalmente el terreno, no presenta homogeneidad en sus estadios sucesionales, por lo que se requiere ajustar los tratamientos con plantaciones dentro de un patrón micro y otro macro. Por lo anterior, se considerarán dos patrones:

- El patrón de plantación que es la forma como se distribuyen los individuos dentro de la plantación.
- El patrón de mosaico que corresponde a la forma como se cubre el terreno con parches de distintos tipos de plantación, de acuerdo con las condiciones físicas y el estadio sucesional de cada sitio.

Así mismo, se realizarán dos ajustes sucesivos:

Al interior de la plantación: los puntos de colocación del propágulo (plántula, estaca, etc.) deben desviarse ligeramente del patrón escogido, para acomodarse a los micrositios favorables de acuerdo con la topografía y el patrón de distribución de la vegetación existente en el lugar.

Este ajuste del lugar definitivo de ahoyado y plantación de cada propágulo, se realiza durante el trazado, con el siguiente método:

1. Se hace el trazado normal, señalando los puntos de ahoyado con estacas pequeñas.
 2. Guiándose con una vara (marcada con la medida de la mitad de la distancia entre individuos) se barre con la vista el terreno en círculo alrededor del punto de ahoyado, utilizando la vara como radio.
-

-
3. En este círculo se ubica el micrositio más favorable y cercano al punto de ahoyado.
 4. Se desplaza la estaca al punto escogido en el paso anterior, señalándolo como punto de ahoyado definitivo.

Con la debida instrucción, toda la operación de ajuste por punto no toma más de 30 segundos, en promedio.

- De igual forma, los parches de plantación se ajustan al patrón de vegetación existente en el terreno a tratar.

Para lo anterior, se ubican los sitios favorables, revelados por su relativo avance sucesional con respecto a su entorno (de acuerdo con el esquema seral básico), o por su microdima favorable (abrigos rocosos, cañadas, márgenes hídricas, proximidad de masas boscosas, etc.). Estos son los primeros sitios a plantar. En estos puntos se establecen plantaciones en bloques rectangulares, cubriendo superficies de 10 m² en adelante. Estos bloques se unen entre sí con barreras de viento, conformando una red sobre todo el terreno tratado.

- Patrón espacial

Una de las opciones es utilizar el patrón de plantación al tresbolillo (Figura 7.2-3), con las líneas siguiendo las curvas de nivel, debido a que este diseño ofrece la mayor oposición a los vientos (manteniendo el microdima) y a la escorrentía superficial. Las distancias varían de acuerdo con el tipo de tratamiento:

- Introducción y consolidación de herbáceas

Distancia entre individuos: 1 m

Distancia entre líneas: 0,9 m

- Introducción y consolidación del precursor leñoso

Distancia entre individuos: 3-5 m

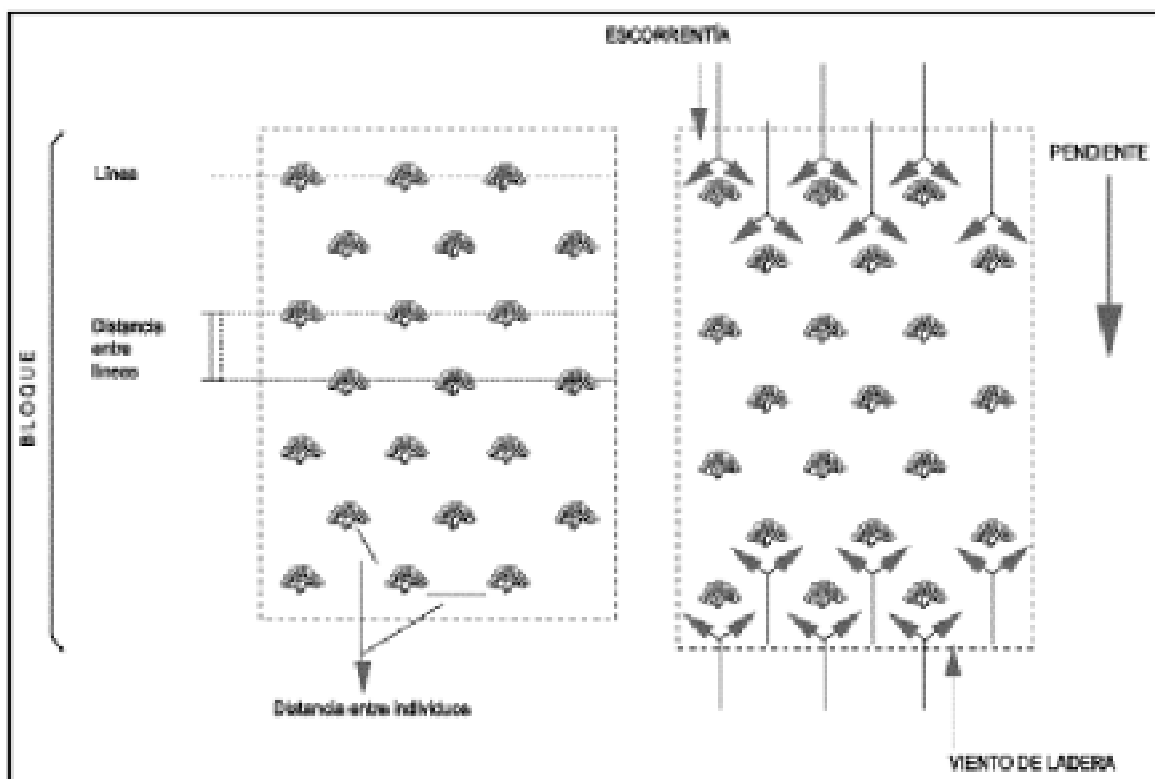
Distancia entre líneas: 2-5 m

- Inducción predimámica

Distancia entre individuos: 5-10 m

Distancia entre líneas: 5-10 m

Figura 7.2-1 Patrón de plantación al tresbolillo (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)



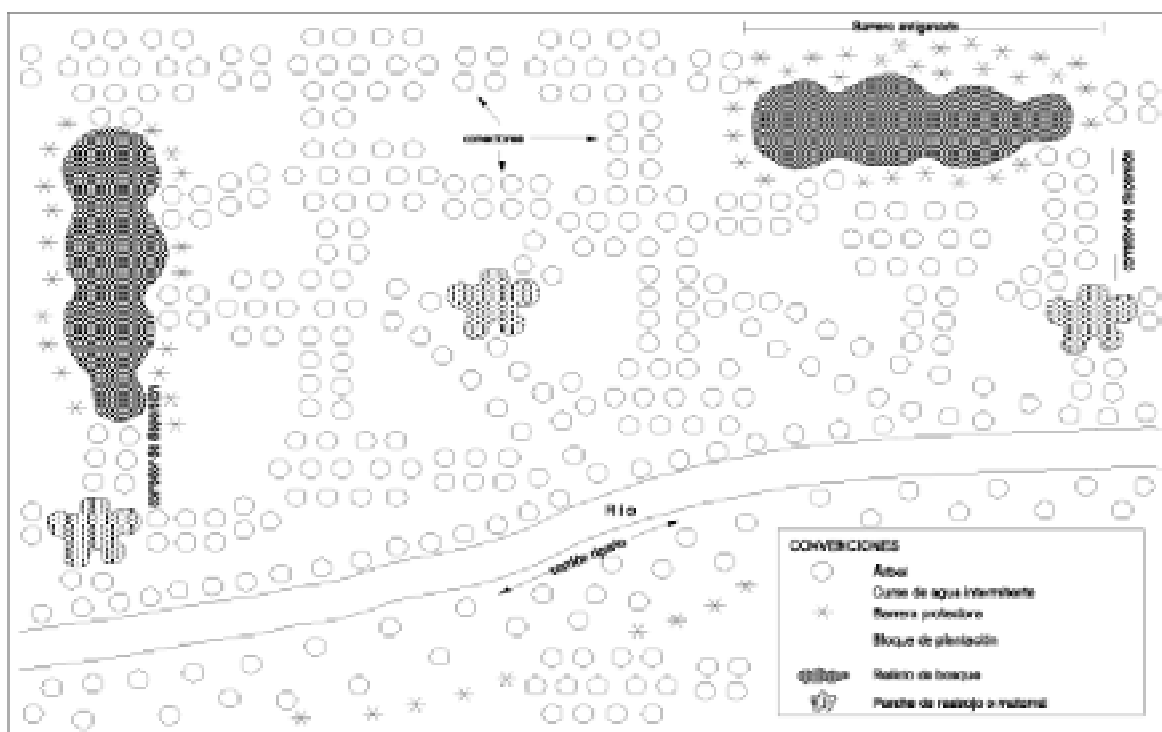
En la Tabla 7.2-3 se presentan las distancias aproximadas entre líneas y las densidades resultantes, para diferentes distancias entre individuos, con el patrón de plantación al tresbolillo.

Tabla 7.2-3 Distancias y densidades de siembra al tresbolillo

Distancia entre individuos	Distancia entre líneas	Individuos por línea (100 m)	Líneas por hectárea	Individuos por hectárea
1	0,9	100	111	11 100
1,5	1,3	67	77	5159
2	1,7	50	59	2950
3	2,6	33	38	1254
5	4,3	20	23	460

Para el caso del "Patrón en mosaico" el terreno plantado se cubre con un diseño de red conformada por bloques de plantación de diversos tamaños ubicados sobre los lugares favorables, cada uno con el tipo de tratamiento correspondiente a la línea de tratamiento y el estadio sucesional del lugar (Figura 7.2-2). Los bloques de plantación que se cree deben ir unidos mediante conectores, pueden ser establecidos como barreras de viento, cordones de dispersión, setos formadores de suelo, barreras anti-ganado y cordones riparios

Figura 7.2-2 Esquema de patrón de plantación en mosaico (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)



- Patrón regional

Considerando que uno de los objetivos es conectar fragmentos de coberturas vegetales, los diferentes sectores plantados deben conectarse por medio de los corredores y estribones de dispersión, formando una red que cubra las áreas seleccionadas.

Esto mejora e incrementa el tránsito de semillas hacia los sitios plantados, acelerando la tasa sucesional.

- Patrón temporal

Seguirá las pautas de la plantación seral, iniciando con precursores leñosos, continuando con la plantación de inductores y finalmente vegetación típica del dímox.

Otras estrategias de restauración y manejo de la cobertura vegetal

Adicionalmente se deben aplicar acciones de manejo que permitan hacer más eficientes las medidas de restauración. La implementación de estas acciones permiten emprender una sucesión que, una vez iniciada la rehabilitación, se retroalimenta positivamente y se puede mantener por sí sola, en un término indefinido de tiempo, aumentando la tasa de modificación. Dentro de estas medidas se inducen:

- Generación de áreas de “Cordones de contención física”: Tratando la escorrentía de modo tal, que se minimice la erosión de las áreas en proceso de intervención para la rehabilitación, que eviten la pérdida de agua y aumenten humectación y retención de humedad; para ello se establecerán obras físicas artesanales como trinchos y drenajes artificiales.
- Implementación de “Barreras vegetales de contención de escorrentía”: Utilizando el patrón espacial de setos formadores de suelo y barreras contra viento, se establecerán setos priorizando las áreas más afectadas por la escorrentía superficial, de modo que las barreras reduzcan la velocidad del agua.
- Generación de “Focos de expansión de la vegetación”: Se deben establecer agregados con precursores en los puntos con mayor humedad edáfica y estabilidad del sustrato, y en micrositios con tendencia a acumular nutrientes.
- Utilización de perchas artificiales para mejorar la dispersión de semillas por aves en zonas de potreros.
- Establecimiento de zonas de “Fertilización estratégica”: Se deben definir puntos focales de fertilización, en puntos estratégicos, como en áreas con menor espesor de suelo.
- Control del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) en bosque altoandino y subpáramo. El retamo espinoso es una especie invasora presente en algunas zonas del área de influencia directa e indirecta, la cual constituye una barrera a la restauración ecológica. Por esta razón es importante realizar acciones para su control, evitando una mayor pérdida de cobertura vegetal nativa y de diversidad.

En la Tabla 7.2-4 se nombran las actividades generales para el control del retamo espinoso según la guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el distrito capital (Ríos, 2005).

Tabla 7.2-4 Actividades para el manejo del retamo espinoso

Actividad	Cobertura	
	Bosque secundario	Áreas degradadas
Eliminación de matorrales	x	
Agotamiento del banco de semillas	x	x
Manejo del banco plantular	x	
Control de rebrotes y retoños	x	
Manejo de residuos vegetales	x	x
Restablecimiento de coberturas nativas estables	x	
Control de matorrales exóticos monoespecíficos		x
Manejo de la regeneración vegetativa y reproductiva		x
Control de procesos erosivos		x

Creación de focos de dispersión de elementos nativos		x
--	--	---

- **Restauración de corredores ambientales**

Se crearán corredores ambientales por medio de la restauración pasiva y activa, con el fin de Integrar las áreas de compensación con el proyecto de la CDMB de Parque Regional de Santurbán y el Parque Regional Sisavita, disminuyendo la fragmentación y el efecto de borde en las áreas de compensación ubicadas en ecosistemas altoandino, subpáramo y páramo

7.2.1.7 Cuantificación de la medida

Compra de predios en una extensión de 6480 ha, con destino a la restauración y protección de ecosistemas de alta montaña.

7.2.1.8 Lugar de aplicación

Principalmente en el flanco norte de la Serranía de Santurbán, que equivale al norte de las obras del proyecto aurífero, en su mayoría en el área de influencia directa del proyecto y parcialmente en el área de influencia indirecta.

7.2.1.9 Población beneficiada

La compensación mediante las acciones previstas, tendrá beneficios directamente sobre la población residente a nivel local y regional, y de manera indirecta para la población a nivel nacional.

7.2.1.10 Mecanismos y estrategias participativas

Coordinación con CDMB, CORPONOR y convenios con universidades.

7.2.1.11 Personal requerido

El desarrollo de la adquisición del área de compensación ambiental requiere personal profesional de las áreas de derecho, economía e ingeniería catastral y geodésica y la movilidad en auto permanente durante 2,5 años.

7.2.1.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Efectividad de la conformación de la zona de compensación, que relaciona el número de hectáreas intervenidas por el proyecto con el número de hectáreas compensadas por el proyecto.

Proporción de vegetación natural en buen estado de conservación dentro del área de compensación adquirida, en relación con la proporción de cobertura vegetal bien conservada intervenida por el proyecto.

Indicador para la restauración de zonas con muy baja intervención, que tiene en cuenta la proporción entre el número de hectáreas con muy baja intervención en las zonas de compensación, en relación con el número total de hectáreas aisladas para eliminar presiones externas.

Índice de eficacia de las actividades de restauración en zonas fuertemente intervenidas, que relaciona el total de hectáreas fuertemente intervenidas en las zonas de compensación con el total de hectáreas fuertemente intervenidas en proceso de restauración.

Indicadores ecológicos del paisaje para evaluar la restauración de corredores de ambientales, tales como:

- CA: Área por tipo de cobertura en hectáreas
- NUMP: Número total de parches por tipo de cobertura en hectáreas
- MPS: Tamaño medio del parche por tipo de cobertura
- TE: Perímetro total de los parches por tipo de cobertura en metros
- ED: Densidad de borde. Es la relación entre el perímetro de los parches y su área, medido por tipo de cobertura en metros por hectárea
- IC: Índice de conectividad de parches.

7.2.1.13 Responsable de la ejecución

La empresa Greystar Ltda. Será responsable de la compra del área de compensación ambiental, destinadas a la conservación y protección por pérdida de cobertura vegetal y hábitats. Será responsabilidad de Greystar Ltda. Efectuar la contratación de evaluadores y del proceso de avalúo y compra del 100% del área requerida en este PMA. Así mismo, se encargará del control y vigilancia del área de su propiedad durante toda la vida útil del proyecto aurífero como propietario del terreno.

Greystar Ltda. designará los funcionarios encargados de recorrer periódicamente el área de compensación ambiental, mínimo 2 veces/año, a fin de prevenir invasiones, talas fuera de las áreas permitidas, caza de animales silvestres, incendios, verificar el desarrollo de las plantas sembradas y reubicadas bajo este PMA y otros Programas de manejo diseñados para éste, la ausencia de cultivos, construcciones, invasores y ganadería. Esta actividad forma parte del Programa de Seguimiento y Monitoreo efectuado por Greystar Ltda.

Greystar Ltda., podrá ejecutar este PMA a través de un contratista, siendo éste responsable de realizar todas las actividades contratadas. Los Contratistas designarán el personal profesional y técnico responsable de dirigir las diferentes actividades en forma adecuada. La interventoría y responsabilidad de los resultados del contrato estará a cargo de Greystar Ltda.

7.2.1.14 Cronograma

La compra de predios se iniciará durante la etapa de instalación del proyecto, y el proceso de restauración y creación de corredores biológicos se realizará después de la compra de predios y a lo largo de la operación del proyecto.

7.2.1.15 Presupuesto

El programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats tiene un costo aproximado de \$ 22 359 130 000.

7.2.2 Programa de investigación en recuperación de ecosistemas de páramo y subpáramo

7.2.2.1 Objetivos

Seleccionar especies vegetales con potencial para la restauración en subpáramo y páramo.

Definir las estrategias para el manejo, conservación y recuperación de suelos.

Definir protocolos para la rehabilitación de zonas intervenidas por el proyecto y para la restauración ecológica en ecosistemas de páramo y subpáramo de las zonas de compensación.

7.2.2.2 Metas

Conformación de un grupo básico de investigación a cargo de Greystar.

Diseño de programas de investigación en manejo de suelos y en restauración ecológica en áreas de páramo y de subpáramo.

Celebración de convenios de investigación con Universidades Regionales y Nacionales

Selección de especies nativas con potencial para la rehabilitación de taludes de corte y lleno, pilas de lixiviación y depósito de estériles, así como para la restauración en zonas de compensación.

Elaboración de protocolos para la restauración de ecosistemas de subpáramo y páramo mediante el estímulo de la regeneración natural.

Elaboración de protocolos para el repoblamiento de especies vegetales con estatus especial de conservación.

Elaboración de protocolos para el restablecimiento de hábitats para especies de fauna con estatus especial de conservación.

Elaboración de protocolos para el almacenamiento y establecimiento de suelo y el establecimiento de este en taludes de corte y llenos.

7.2.2.3 Etapas

Este programa se implementará desde la etapa de instalación del proyecto y a lo largo de toda su fase de operación.

7.2.2.4 Impactos por controlar

Pérdida de cobertura vegetal y hábitats, pérdida de individuos vegetales, desplazamiento o pérdida de individuos de fauna terrestre por eliminación y alteración de hábitats alteración de poblaciones de especies de vegetación y fauna con estatus especial de conservación, incremento en la fragmentación de hábitats y de corredores biológicos, alteración de redes tróficas, pérdida de suelo, alteración del paisaje.

7.2.2.5 Tipo de medida

Compensatoria

7.2.2.6 Acciones por desarrollar

Desde el inicio de las actividades de instalación del proyecto, se conformará un grupo básico de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, el cual diseñará e implementará las actividades de investigación que permitan entender la complejidad de los mecanismos que se desarrollan en estos ecosistemas y comprender los procesos que llevan a la estructuración y permanencia de estos en el tiempo, de manera que existan resultados confiables para su aplicación en el momento que se realice el cierre y rehabilitación de las zonas intervenidas por el proyecto, particularmente en las pilas de lixiviación y la zona de depósito de estériles.

Mediante el desarrollo de estas actividades de investigación, se busca básicamente dar respuesta a tres preguntas, de acuerdo con el objetivo de la rehabilitación de cada zona:

- Cuáles especies utilizar?
- Cuánto plantar de cada especie?
- Cómo hacer una rehabilitación efectiva para recuperar el suelo y la cobertura vegetal en el menor tiempo posible y a un menor costo?

Es importante tener en cuenta que existe una mayor probabilidad de regeneración de la vegetación en las zonas rehabilitadas si las especies escogidas corresponden a la composición original de la vegetación local. Por otra parte, para la definición de fórmulas de siembra y número de individuos por especie, se deben tener en cuenta los resultados de los estudios de línea base, de manera que se intente reproducir la comunidad en cuanto a la distribución espacial de cada especie en las zonas por recuperar.

- Investigación para definición de protocolos y técnicas para el almacenamiento y establecimiento de suelo en taludes de corte y llenos, pilas de lixiviación y depósito de estériles.

Estas investigaciones se realizarán desde el inicio de las actividades de explotación minera, cuya implementación se realizará como parte de las actividades de rehabilitación de las áreas correspondientes a las pilas de lixiviación y depósito de estériles, una vez finalicen las operaciones relacionadas con la explotación en cada zona. Las principales variables a analizar son:

- Variables biológicas: Fijación de nitrógeno, micorrizas, fauna edáfica.
 - Variables físicas: Pendientes, humedad, precipitación, vientos, estructura.
- Investigación en selección de especies vegetales con fines de rehabilitación de taludes de corte y llenos, pilas de lixiviación y depósito de estériles.

Estas investigaciones son complementarias y simultáneas a las indicadas para el establecimiento del suelo. Estos estudios deben abarcar las siguientes temáticas:

- Características ecofisiológicas de las semillas
 - Establecimiento de plántulas en viveros
 - Supervivencia y desarrollo en el campo
-

-
- Investigación para definición de protocolos y técnicas para repoblamiento de especies vegetales con estatus especial de conservación.

Estas investigaciones también se realizarán desde el inicio del proyecto, estarán vinculadas y coordinadas con el programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats, de manera que se apliquen en las actividades de compensación del páramo y subpáramo y en las actividades de rehabilitación en las áreas correspondientes a las pilas de lixiviación y depósito de estériles, una vez finalicen las operaciones relacionadas con la explotación en cada zona. Dentro de las temáticas objeto de estudio están:

- Caracterización de hábitat
 - Caracterización ecofisiológica de semillas
 - Establecimiento de plántulas en viveros
 - Supervivencia y desarrollo en el campo
- Investigación para definición de protocolos y técnicas para la restauración de hábitats para especies de fauna con estatus especial de conservación.

Estas investigaciones son complementarias y simultáneas a las indicadas para el repoblamiento de especies vegetales con estatus especial de conservación.

- Convenios para la investigación

Para el desarrollo de las actividades de investigación indicadas anteriormente, es fundamental la participación de las universidades y entidades académicas con experiencia en investigación, las cuales pueden aportar lecciones aprendidas a partir de sus experiencias en restauración, así como conocimientos y rigor científico a los resultados que se obtengan.

Greystar puede proporcionar la infraestructura y recursos de personal y logísticos en las instalaciones de la mina para el desarrollo de las investigaciones. Las universidades interesadas garantizarán el desarrollo de las investigaciones a través de proyectos vinculados a líneas de investigación de la universidad, destinando el tiempo de los estudiantes tesis y los respectivos directores de tesis.

Otra posible vinculación de las universidades al proyecto, es a través de pasantías o prácticas profesionales para el desarrollo de actividades específicas de las investigaciones.

Complementario a lo anterior, el proyecto minero puede ofrecer visitas guiadas a las universidades o colegios para las obras relacionadas con la rehabilitación de áreas o restauración de ecosistemas en el páramo y subpáramo.

7.2.2.7 Cuantificación de la medida

Esta medida no tiene unidad de cuantificación. Esta se puede expresar en función del grupo de investigación, los proyectos que se desarrollen y los resultados que se obtengan.

7.2.2.8 Lugar de aplicación

- Taludes de corte y llenos
 - Pilas de lixiviación
 - Zona de depósito de estériles
-

7.2.2.9 Población beneficiada

De manera directa los beneficios serán sobre la población local y regional. Los resultados de las investigaciones tendrán importancia y aplicación a nivel nacional.

7.2.2.10 Mecanismos y estrategias participativas

Convenios con universidades o institutos de investigación principalmente de Santander y Norte de Santander.

7.2.2.11 Personal requerido

Biólogo con amplia experiencia en restauración de páramos, un biólogo con amplia experiencia en manejo y conservación de fauna silvestre y un biólogo botánico con experiencia plantas de alta montaña.

7.2.2.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Grupo de investigación para la restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, conformado y a cargo de Greystar.

Existencia y pertinencia de los perfiles de investigación, siguiendo formato de evaluación de proyectos tipo Colciencias.

Número de convenios logrados en relación con la meta prevista.

Número de profesionales y estudiantes de pregrado vinculados a la investigación por medio de los convenios.

Número de proyectos terminados, con protocolos listos y resultados de la investigación (publicaciones científicas o divulgativas).

7.2.2.13 Responsable de la ejecución

Greystar se encargará de la ejecución del programa, por medio del grupo de investigación básica en ecosistema de páramo y subpáramo, quienes a su vez gestionarán los convenios con universidades.

7.2.2.14 Cronograma

A partir de la etapa de instalación del proyecto debe iniciarse la conformación del grupo básico de investigación, el diseño de programas de investigación, la gestión para la celebración de convenios y el montaje del laboratorio para análisis básicos requeridos en los programas de investigación.

Cada uno de los programas de investigación tendrá una duración aproximada de dos años, y se deben seguir realizando durante el tiempo de operación del proyecto, de manera tal que los protocolos de rehabilitación y restauración estén finalizados en la etapa de recuperación del proyecto Angostura.

7.2.2.15 Presupuesto

El costo total del programa de investigación es de \$ 4 441 440 000.

7.2.3 Programa de rescate de flora y fauna

7.2.3.1 Objetivos

Reducir la pérdida o muerte de individuos de flora y fauna en las zonas de intervención del proyecto.

7.2.3.2 Metas

Construcción de dos viveros para el almacenamiento de semillas y plántulas rescatadas y producción del material vegetal necesario para la recuperación de cobertura vegetal y restauración de ecosistemas.

Rescate de árboles en estados juveniles, semillas y plántulas de interés por su estatus especial de conservación o ser promisorias para los procesos de recuperación y restauración de ecosistemas o recuperación de cobertura vegetal en taludes y llenos de las zonas de obra del proyecto.

Construcción de dos centros de paso para la fauna silvestre que será ahuyentada por la remoción de sus hábitats.

Rescate y traslado de individuos de fauna con estatus especial de conservación o vulnerables ante la destrucción de sus hábitats.

7.2.3.3 Etapas

Este programa de manejo se implementará desde la fase de implementación del proyecto y durante toda la fase de explotación.

7.2.3.4 Impactos por controlar

Pérdida de individuos vegetales, alteración de poblaciones de flora con estatus especial de conservación, desplazamiento y pérdida de individuos de fauna terrestre por eliminación y alteración de hábitats, alteración de poblaciones de especies de fauna con estatus especial de conservación.

7.2.3.5 Tipo de medida

Mitigación.

7.2.3.6 Acciones por desarrollar

- **Construcción de viveros**

Se considera la construcción de viveros con el fin de almacenar las semillas y plántulas rescatadas en los diferentes frentes obra, así como proporcionar parte del material vegetal necesario para los manejos relacionados con la recuperación vegetal de los taludes de corte y llenos en los sitios asociados a la infraestructura del proyecto inicialmente.

De otra parte, estos mismos viveros se utilizarán en los proyectos que se desarrollen como parte del programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, y

proporcionarán parte del material vegetal requerido para la restauración de las áreas intervenidas en el tajo de explotación, pilas de lixiviación y depósito de estériles.

Los viveros estarán dirigidos y manejados por Greystar durante el periodo de instalación y operación del proyecto. Posteriormente, en la etapa de cierre se pueden establecer convenios con las alcaldías municipales y la CDMB para hacer entrega de esta infraestructura y no perder la experiencia de cerca de 15 años de operación de los viveros.

Se tendrá por lo menos un vivero por piso bioclimático (páramo, subpáramo y bosque altoandino); para el establecimiento de cada vivero se debe disponer de media hectárea de terreno, donde aproximadamente 1 500 m² se usarán para la construcción y adecuación del vivero y el resto para formar un banco de especies vegetales, de acuerdo con el programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo.

El vivero se debe localizar en áreas cercanas a fuentes de agua permanentes, sobre terrenos en lo posible planos, despejados, con suelos de buen drenaje. Éste debe tener capacidad para producir aproximadamente 65 000 plántulas en bolsa por semestre, el cual debe contar con la siguiente infraestructura básica:

- Germinadores: son los sitios de germinación de semillas, pueden estar a nivel del suelo o a una altura de 80 cm; el largo puede ser de 5 m por 1 m de ancho y la separación entre germinadores del orden de 40 cm. También es recomendable el uso de cajas de germinación de varios tamaños.
 - Eras de Crecimiento: es el lugar de crecimiento y desarrollo de las plántulas. Diseñadas de 1,4 m de ancho, con longitud variable entre 10 m y 20 m, y separadas 0,4 m a 0,6 m. El sustrato para el llenado de las bolsas consistirá de suelo proveniente de los sitios en donde se desarrollan las especies objeto de propagación. Con el fin de mejorar las condiciones nutricionales de los suelos debe hacerse un análisis de suelo previamente y decidir la proporción más adecuada de fertilizantes. La producción de material también puede ser a raíz desnuda, transplantando directamente a eras de crecimiento conformadas con el sustrato.
 - Umbráculos: El suelo para llenar las bolsas o germinadores se apila en sitios protegidos con cobertizos. Así mismo, el espacio para manejo y secado de semillas debe estar protegido con un cobertizo.
 - Las eras de crecimiento deben protegerse con tela de sombra durante las dos primeras semanas después del trasplante. Se construye una estructura en madera de 2 m de alto, sobre la cual se coloca una tela de sombrero que permite el paso del 50% de luz.
 - Bodega: donde se guardan herramientas e insumos (fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, semillas).
 - Oficina: área para administración del vivero.
 - Laboratorio: espacio reservado para almacenamiento de semillas en nevera, para preparación y manipulación de químicos y desarrollar en general ensayos de germinación de semillas o propagación.
 - Tanque de almacenamiento de agua: Donde se deposita el agua para riego, que debe ser limpia; el riego se puede hacer en forma manual con regaderas, mangueras o mediante la implementación de un sistema de riego por aspersión accionado con motobomba.
 - Área de manejo de semillas: Se acondicionará un espacio cubierto para manipular y secar las semillas recolectadas en la región, o procedentes de las áreas de desmonte.
 - Cercado periférico: El vivero debe estar cercado para restringir el paso de animales o personas extrañas que puedan ocasionar daños estropeando las plantas.
 - Banco de especies: área reservada para transplantar las especies vegetales nativas y de importancia por su estado especial de conservación, rescatadas durante la adecuación o propagadas en el vivero.
-

- **Construcción de centros de paso para atención de fauna silvestre**

Durante las actividades de ahuyentamiento y traslado de fauna terrestre, existe el riesgo de que individuos resulten heridos o parcialmente limitados en su movilidad por el estrés generado por estas acciones. Por esto es necesario contar con sitios acondicionados para atender individuos de fauna de todos los grupos, mientras se recuperan o en caso de estar heridos, ser trasladados a sitios especializados.

Estos sitios corresponden a centros de paso para atención de fauna, cuyas características deben considerar los criterios establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente en el documento: "Centros Regionales para el manejo de especímenes de fauna silvestre decomisados", y son las siguientes:

La construcción de las áreas para el alojamiento de animales, áreas de diagnóstico, cocina y zonas de lavado, deben ser de fácil limpieza e higiene. Los pisos en lo posible deben tener una inclinación del 2% hacia el drenaje.

La construcción de los encierros debe corresponder al tipo de animales por alojar los cuales deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

El diseño de las jaulas, encierros, acuarios deben corresponder a la fauna esperada. De tratarse de animales peligrosos, deben cumplir con las normas de seguridad entre otras las siguientes:

- Jaula con dos compartimientos para manejar al animal en forma alterna cuando se requiere el ingreso de personal.
- Mecanismo de seguridad individual en las puertas
- Alarma en caso de escape o accidente
- Doble puerta para el ingreso a las jaulas

Los materiales para la construcción de los encierros o jaulas no deben ser corrosivos o tóxicos, para los animales. Se debe evitar el uso de pinturas plomadas.

El agua para bebederos, pocetas y piscinas debe ser independiente, evitando la recirculación entre estas y su contaminación.

Construir un sitio para el almacenamiento de elementos y equipos de mantenimiento de la sección (botas, petos, guantes y elementos de limpieza, etc.).

El sitio para zonas de alojamiento de animales y para el almacenamiento de alimentos, debe tener protección contra insectos, roedores o cualquier animal extraño.

El área para el manejo de animales debe tener los siguientes espacios:

- Áreas de circulación: son los corredores por donde circula el personal, los cuales deben ser amplios y de fácil limpieza.
 - Alojamiento de animales: el diseño de estas áreas debe considerar el control de variables ambientales como la temperatura, la cual no debe presentar fluctuaciones amplias durante el día en las zonas de mantenimiento de animales. La temperatura en las áreas de encierro debe ser similar a la del hábitat natural de la especie alojada. La humedad ambiental debe estar entre el 40% y el 70%.
-

-
- Para la ventilación debe proveerse por lo menos 15-20 cambios por hora. Para la iluminación, deben considerarse las condiciones naturales, previendo en todo caso sombrío. Debe tenerse un control de ruido audible y ultrasónico que pueda producir disturbio a los animales.
 - Barreras para evitar la transmisión de enfermedades: los animales deben separarse de acuerdo con los siguientes criterios: especie, tiempo de llegada y condición o salud del animal.

De forma práctica, la mejor posibilidad económicamente factible y viable para separar los animales de acuerdo con el tiempo de llegada y disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades, es realizar el diseño considerando las siguientes zonas:

- Zona de arribo: que es el sitio en donde se reciben los animales.
- Zona de cuarentena: sitio donde se localizan los animales después del arribo para su observación.
- Cuarto de hospitalización: área destinada a la recuperación de animales posterior a un tratamiento veterinario.
- Cuidado de infantes: lugar donde se localizan las crías.
- Jaulas o encierros: son los sitios para el mantenimiento de animales. Los criterios generales para tener en cuenta en el diseño son:

Las jaulas o encierros deben estar hechos o estar colocadas de tal forma que impidan el contacto físico entre animales.

Los acuarios, recipientes plásticos rectangulares de colores opacos con tapa de angeo plástico o metálico, se utilizan para el mantenimiento, arribo, aislamiento y cuarentena de invertebrados, peces, anfibios, reptiles pequeños e inclusive aves y mamíferos de pequeño tamaño.

Para los mamíferos arbóreos y aves es conveniente para evitar el estrés, que queden localizados a mayor altura que la de los operarios.

Las jaulas de animales nocturnos deben tener un refugio oscuro para esconderse de la luz durante el día.

- Áreas de diagnóstico: incluye los siguientes espacios: Sala de examen, área de necropsias (de ser necesario), laboratorio clínico (la cual no hace parte física del centro de paso pero debe considerarse a través de una clínica veterinaria cercana), laboratorio de patología (ídem al anterior).
- Área de servicios: Tiene las siguientes facilidades. Áreas para el almacenamiento de alimentos. Bioterio (para la cría de animales para el alimento de especies predatoras, en caso que se requiera mantener especímenes, por periodos de más de 10 días, lo cual contradice el objetivo del método de rescate de fauna), zona de lavado de jaulas y materiales, bodega, área de almacenamiento de basura.

Se acondicionarán dos Centros de paso de fauna silvestre que deba ser rehabilitada antes de su liberación o reubicación. Uno para cubrir las necesidades de la fauna correspondiente a los ecosistemas de bosque altoandino y el otro a los ecosistemas de páramo y subpáramo. Para su adecuación se requiere de zonas aisladas de las obras, pueden ser próximas a los viveros, se buscarán sitios sombreados, evitando la acción directa del sol y la lluvia, cercano a una fuente de agua permanente.

Se prevé que estos centros, puedan construirse con materiales modulares, de tal forma que su montaje e instalación, no demanden intervenciones ambientales importantes y que además en

caso de requerirse espacios adicionales, esto se logra fácilmente, con la adecuación de otras áreas modulares.

Después de la recuperación de los individuos en el centro de atención a la fauna silvestre, estos serán liberados en las áreas destinadas para su reubicación, proceso que deberá tener el debido seguimiento para asegurar el éxito de esta fase.

Para la operación de cada centro de paso de fauna, se requiere del siguiente personal: un veterinario, un biólogo, licenciado en biología o ecólogo con experiencia en manejo de fauna silvestre, un tecnólogo auxiliar (que haga las veces de enfermero y que puede ser un estudiante de últimos semestres de veterinaria), personal auxiliar para el mantenimiento de las instalaciones.

Los centros de paso de fauna operarán desde la fase de instalación del proyecto, dado que en esta etapa se iniciarán las actividades de remoción de cobertura vegetal, y se mantendrán durante toda la operación del proyecto, de manera simultánea al avance de explotación del tajo y disposición de excedentes de materiales en la escombrera de Móngora.

El manejo para el ahuyentamiento, traslado y relocalización de fauna, lo mismo que el rescate contingente, no prevé manipulación importante de animales que requiera de atención en gran número; de otra parte los centros de fauna serán utilizados exclusivamente para animales que a juicio de los especialistas requieran un corto período de confinamiento para atención veterinaria o mientras se determina el sitio para el traslado.

En la Figura 7.2-3 se muestra el esquema tipo para la construcción del centro de paso de fauna, con un dimensionamiento preliminar el cual será ajustado de acuerdo con las condiciones de emplazamiento.

- **Rescate de árboles y arbolitos en estados juveniles**

Se identificarán inicialmente los relictos e individuos de las especies amenazadas y de importancia como inductores sucesionales y se recogerá una muestra botánica para su confirmación. Los individuos se medirán con el fin de reportar su talla, estado fitosanitario actual y aproximaciones de edad y realizar los tratamientos necesarios que se requieran para garantizar su vitalidad y salud.

Los individuos relictuales deben ser aislados con el fin de evitar que se lesionen las ramas o el tronco con el tránsito de las personas. Posteriormente se realizará la correspondiente señalización del individuo con un aviso resistente a la intemperie.

Figura 7.2-3 Esquema del centro de paso de fauna silvestre

En las épocas de dispersión se realizarán las colectas de semillas, las cuales se propagarán en vivero bajo diferentes tratamientos de sustrato y nutrientes, así como tratamientos pregerminativos con el fin de desarrollar y estandarizar la técnica de propagación de las semillas.

Se podrán realizar algunas podas del árbol para estimular su floración y fructificación de manera que las ramas puedan ser utilizadas para pruebas de propagación vegetativa como estacas, acodos etc.

Antes de iniciar las obras se deben realizar extracciones de árboles y arbolitos de aquellas especies con algún estado especial de conservación (endémicas o en vía de extinción) mediante el método de bloqueo, para luego ser trasladados y reubicados hacia zonas que no van a ser intervenidas próximas a las obras o hacia las áreas de las zonas de compensación previstas.

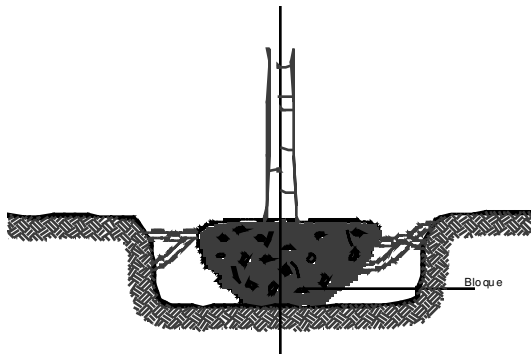
De acuerdo con la distancia a la cual se debe mudar o correr un árbol, se establecen tres clases de traslado:

- Traslado corto: Movilización de árboles hasta una distancia de 15 m.
- Traslado largo: Movilización de árboles con desplazamiento hasta una distancia no mayor de 100 m.
- Traslado especial: Movilización de árboles para reubicación a distancias superiores a 100 m, con el empleo de equipo de minería (tractor/cargador/camión).

Una vez definido el tratamiento y de acuerdo con el tipo de traslado conveniente, se procede de la siguiente manera:

- Poda aérea cuya intensidad depende del tamaño del bloque. Se realiza con el fin de disminuir el peso de la copa, controlar la evapotranspiración y así disminuir los requerimientos de agua durante el período del traslado. La poda aérea no debe ser mayor a un tercio del volumen de la copa.
- Excavación lateral para dar forma de cono invertido al bloque. El tamaño del bloque depende de la poda aérea y del plazo de entrega, pero en ningún caso el radio mayor del bloque es inferior a 3 veces el diámetro del tronco en la base (Figura 7.2-4).

Figura 7.2-4 Excavación y poda de raíz (Tomado de Conif-Dama, 1996)

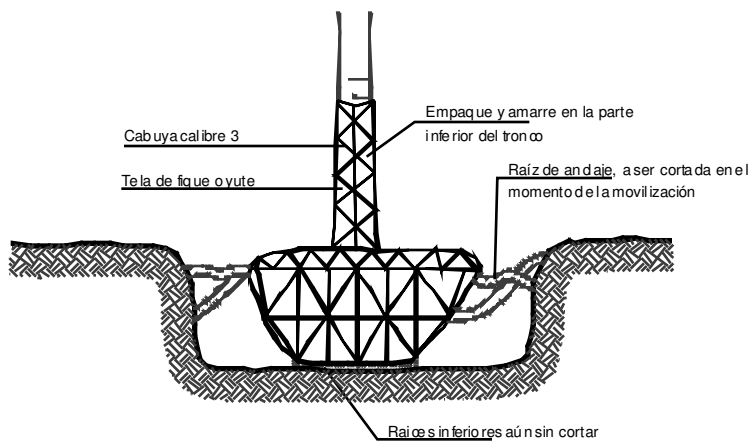


- Corte de las raíces laterales o secundarias con tijera, serrucho o motosierra (nunca con machete), a ras del área del bloque.
 - Aplicación de cicatrizante hormonal en los cortes de las raíces.
 - Amarre del bloque con yute o polipropileno y cabuya para evitar desmoronamiento de suelo y daños en las raíces. El bloque se debe mantener compacto para proteger las raíces y facilitar los movimientos (Figura 7.2-5).
- Destronque que consiste en la separación definitiva del árbol del suelo mediante fraccionamiento o corte de su raíz principal para luego voltearlo ligeramente y realizar el

amarre por el fondo. Cuando el suelo que conforma el bloque es suelto, o el árbol no se lleva de inmediato al sitio definitivo, es conveniente envolver el bloque en malla de alambre tipo gallinero.

- Preparación del sitio definitivo. El nuevo hueco, de diámetro entre 60 cm y 1,2 m, mayor que el bloque, debe excavar con suficiente anticipación y debe presentar condiciones similares a las del área original. Dicho tamaño permite al operario acomodar el árbol y adicionar suelo orgánico para normal desarrollo del árbol.
- El traslado puede hacerse manualmente dependiendo del tamaño del árbol y del bloque.
- El árbol trasladado debe quedar al mismo nivel que tenía en el sitio anterior y en lo posible con la misma orientación. Debe quedar vertical, centrado en el hueco y con la adecuada estabilidad y nivelación. Cuando el árbol sea grande es recomendable utilizar un tensor para asegurar la estabilidad.

Figura 7.2-5 Bloqueo. Empaque y amarre (Tomado de Conif-Dama, 1996).



- El relleno se hace con suelo orgánico apisonando bien el suelo. Antes de compactar el sustrato de relleno, hay que tener cuidado de cubrir el tallo con suelo, a la misma altura que tenía antes del traslado.

- El árbol recién trasplantado debe recibir riego diario abundante hasta su establecimiento definitivo.

- El trabajo induce también la disposición o

eliminación de todos los desechos provenientes de las labores realizadas.

• Recate de epífitas

El alto grado de epifitismo registrado en el área de estudio, particularmente en las zonas de bosque altoandino, presenta un elemento de especial interés como son las bromelias de tanque (quiches), orquídeas y otras, cuya permanencia puede ser garantizada a través de su rescate antes del desarrollo de las actividades propias del proyecto y en las áreas de acceso transitorio a las obras a construir.

Aunque su biomasa es pequeña en relación con la biomasa total del bosque, desempeñan un papel eco fisiológico importante en la compartimentalización de agua y nutrientes, en el balance biogeoquímico de elementos y en el balance hídrico.

Las bromelias y algunas orquídeas son especies epífitas que utilizan el sustrato sobre el cual se hospedan (árbol, o en algunos material inerte como cuerdas de electricidad, techos de viviendas o suelo) como soporte mecánico sin causar daño, es decir no son plantas parásitas. Su capacidad de regeneración en los mecanismos de sostén (sistema radicular) garantiza su sobrevivencia y permanencia.

Las bromelias con su forma de roseta (ecosistema de tanque) retienen gran cantidad de agua, que permite el desarrollo de los huevos y larvas de varios individuos, especialmente anfibios e insectos; además esta reserva de agua es un aporte importante tanto para el bosque como para la misma planta en épocas de menores precipitaciones.

Las orquídeas epífitas cuelgan de árboles o de arbustos. Son las más vistosas, no son parásitas, sus necesidades son escasas y obtienen el agua de la humedad del aire con raíces aéreas; existen otro tipo de orquídeas las semiterrestres que crecen sobre un colchón de hojas en descomposición en el suelo o sobre rocas recubiertas de musgo y las terrestres, que tienen sus raíces en tierra.

- **Rescate de semillas y plántulas**

Inmediatamente antes y durante la remoción de cobertura vegetal se organizarán brigadas para cosechar inicialmente las semillas de especies vegetales en las áreas previstas para la construcción de las obras de infraestructura del proyecto, que puedan usarse posteriormente en la recuperación vegetal de taludes de corte y lleno en estas zonas, así como en las actividades de restauración de ecosistemas en las áreas previstas para compensación.

Fundamental de estas actividades, es el rescate de semillas, frutos y plántulas de las especies vegetales clasificadas con algún estatus especial de conservación, bien sea por ser endémicas o por encontrarse en vía de extinción según los listados de la UICN (ver capítulo 3).

De otra parte, a medida que avancen los frentes de explotación del tajo y la disposición de estériles, previo a la remoción de cobertura vegetal también se realizará recolección de semillas, para su posterior germinación en los viveros o siembra directa como parte de las actividades de restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo en las zonas de rehabilitación del proyecto o en las áreas previstas para compensación.

En las áreas de afectación directa por las obras de infraestructura del proyecto, tajo de explotación, canchas de lixiviación y disposición de estériles, se deberá extraer el mayor número de plántulas de especies necesarias en los procesos de revegetalización. Las plántulas rescatadas pueden trasladarse directamente a las áreas de revegetalización o a los viveros para su posterior utilización de acuerdo con las necesidades.

Las semillas, frutos y plántulas colectados y debidamente etiquetados se trasladarán a los viveros para ser procesados y almacenados. Las plántulas pueden ser mantenidas temporalmente en vivero o transplantarse inmediatamente a las zonas previstas para compensación o recuperación de cobertura vegetal en taludes y llenos de las zonas de obras.

La dirección de las brigadas estará bajo responsabilidad del profesional encargado del manejo de viveros designado por Greystar; estas brigadas estarán conformadas con personal que labore en los viveros establecidos para el Proyecto.

- **Acciones de salvamento de fauna silvestre**

El principal objetivo es prevenir en lo posible la muerte de mamíferos, anfibios, reptiles y aves durante los trabajos de tala para adecuar las zonas de obras de infraestructura del proyecto, así como el tajo de explotación, las canchas de lixiviación y depósito de estériles.

Esta actividad contempla acciones de información y educación, salvamento y reubicación de animales rescatados, registros y colección científica de ejemplares, muestras que pueden depositarse en la Universidad Industrial de Santander (UIS), actividad que puede ser coordinada con dichas instituciones.

Las labores concernientes al manejo de fauna durante la construcción y operación del proyecto estarán dirigidas por un biólogo con experiencia en rescate y manejo de macrofauna, quien coordinará las acciones mencionadas.

El salvamento de fauna silvestre se realizará a través de tres acciones básicas: la información y sensibilización al personal que trabajará en el proyecto, el ahuyentamiento dirigido hacia las zonas

de compensación simultáneo con la remoción de cobertura vegetal, y el rescate traslado y liberación de los ejemplares que requieran esta acción.

- *Información y sensibilización*

Estará dirigida tanto a las comunidades localizadas en la periferia de las zonas de obras, como al personal que labore en las actividades de construcción y operación de la mina. Esta acción forma parte del programa de información, comunicación y educación establecida en el Plan de Manejo Ambiental; en este numeral se describen los aspectos a nivel educativo que se tendrán en cuenta en el momento de la adecuación de las áreas que intervendrá el proyecto.

Mediante la realización de reuniones educativas se instruirá previamente el personal de contratistas y trabajadores involucrados en los desmontes, talas y rocerías, en relación con los siguientes aspectos:

- La forma correcta de efectuar las talas de vegetación y la selección de los residuos vegetales para su adecuada disposición.
- Concientización sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales de la zona. Se deberá recalcar que la tala de árboles se realizará en áreas específicas, explicando claramente los objetivos, definiendo los límites hasta donde se permite esta actividad y el orden en que deberá realizarse. Se resaltarán la importancia de los bosques de alta montaña y cobertura vegetal de páramo y subpáramo, para conservar los recursos flora, fauna, suelo y agua.
- Prohibición de caza, captura y comercio de animales silvestres, especificando las sanciones por su contravención.
- Instruir en el reconocimiento de especies, especialmente serpientes que tradicionalmente han sido estigmatizadas como perjudiciales.
- Captura y manejo correcto de animales poco móviles o de hábitats muy particulares y de área reducida (fosoriales y semi-fosoriales) para su posterior reubicación en hábitat similar.
- Los contratos de trabajo deberán especificar las restricciones establecidas en este PMA referidas al recurso faunístico.

- *Ahuyentamiento de fauna hacia las zonas de compensación*

La estrategia de salvamento por ahuyentamiento o perturbación controlada, es la acción básica del plan de salvamento y de la cual se espera el grueso de los resultados. Esta acción es la que menos expone a los animales a situaciones de riesgo y estrés, ya que se evita la manipulación directa de la fauna. Esto se logra por medio de la producción de ruidos, emisión de humo, utilización de perros de caza, etc., los cuales hacen salir la fauna de sus refugios y la dirigen por medio de senderos artificiales y los corredores de bosque existentes, hacia las áreas de compensación.

Para evitar al máximo la manipulación de la fauna, el rescate y ahuyentamiento que se realice en las diferentes zonas del proyecto, debe dirigirse hacia las áreas de destino correspondientes a ese costado.

Por su parte, la inducción a la migración por destrucción de hábitats, resultado del proceso de remoción de vegetación, es asimilable al ahuyentamiento por simulación de situaciones de alteración dramática del medio natural, en este caso lo que se requiere es un seguimiento detallado

y un control dirigido a la identificación de individuos para salvamento por captura, traslado y liberación.

Este tipo de ahuyentamiento, generalmente es más efectivo para individuos jóvenes y adultos de aves y mamíferos y menos efectivo para individuos de menor movilidad como anfibios y reptiles, neonatos de aves y mamíferos, individuos de hábitos fosoriales y nidadas. La principal desventaja de esta técnica radica en la impredecibilidad de los resultados, en la medida que no se conoce el destino de la fauna desplazada, tanto en términos de hábitat como de sobrevivencia posterior, mientras que la captura directa y traslado facilita su monitoreo mediante técnicas de marcaje.

- *Rescate, movilización y liberación de fauna*

En el momento de la remoción de vegetación se generará la movilización directa de la fauna silvestre fuera de las zonas intervenidas y movilización gradual indirecta por reducción del hábitat y del recurso alimenticio y por alteración de las condiciones micro-climáticas, principalmente de mamíferos y aves.

Para la ejecución de esta fase, se deberá contar con la asesoría de profesionales con experiencia en captura, atención y liberación de fauna silvestre. Se capturarán aquellos ejemplares de poca movilidad, que se encuentren vulnerables y que hayan quedado en el área de influencia de vías muy transitadas o cerca de asentamientos humanos.

El rescate se centrará tanto en los individuos neonatos como en aquellos individuos que dentro del proceso de remoción de cobertura vegetal o de la acción de ahuyentamiento quedasen atrapados o heridos, se rescatarán por captura, particularmente aquellos que ameriten este tratamiento especial por su condición de status ecológico vulnerable (raro, endémico o en peligro de extinción). De manera conjunta a las anteriores acciones, se realizará rescate de nidos.

Se deben salvar los individuos que se encuentren acorralados a causa de la tala, como lagartijas, culebras, anfibios, polluelos de aves, etc.

Para cumplir con el anterior propósito, se organizarán brigadas o grupos de rescate con el fin supervisar constantemente las zonas de intervención y tala. Los grupos contarán con los materiales y equipos necesarios, tales como:

- Jamas, redes.
 - Bolsas de tela de diversos tamaños.
 - Jaulas de diferentes tamaños para transporte de animales.
 - Baldes plásticos.
 - Equipo de disección.
 - Mallas de niebla.
 - Mesa de operación e implementos de cirugía.
 - Nevera.
 - Anestesia.
 - Bozales.
 - Bebederos y comederos.
 - Anillos y placas para marcaje de animales.
 - Binóculos.
 - Cámara fotográfica.
 - Acuarios.
 - Frascos de vidrio de boca ancha.
 - Guantes de cuero.
 - GPS
 - En el transporte de ejemplares se deberá contar con un campero acondicionado para transporte de fauna.
-

Los animales rescatados se deben liberar lo más rápido posible, si las condiciones físicas de los ejemplares lo permiten; para esto se buscarán áreas cercanas que presenten condiciones de clima, vegetación correspondiente al hábitat natural o aproximado al natural de la especie, en la densidad poblacional que permite la especie y con baja densidad de población humana. En caso de no encontrarse estas condiciones, serán trasladados al Centro para su recuperación y liberación posterior.

Se debe considerar atención prioritaria y especial para aquellas especies y ejemplares más vulnerables, como los reportados en vía de extinción, los de rápida deshidratación de la piel, baja respuesta al stress, con restricción de espacio, etc.

Los ejemplares reubicados en las áreas aledañas al proyecto se marcarán utilizando anillos o plaquetas (especialmente las aves, mamíferos, reptiles), con el fin de evaluar en el futuro su presencia y ubicación en el área y a la vez la efectividad de la medida de reubicación.

Se prevé que durante los procesos de construcción de las obras, así como a medida que avance el programa de explotación (en el tajo, canchas de lixiviación y depósito de estériles), la fauna migre de manera progresiva y secuencial hacia la periferia, por lo cual es importante el inicio oportuno y el avance del Programa de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats y el Programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo a fin de sustituir en parte el hábitat perdido, especialmente para aquellas especies de fauna vulnerables por su exigencia de hábitat o su condición de estado especial de conservación.

Así mismo, es necesario llevar a cabo en forma oportuna las actividades de información y sensibilización, con el fin de concientizar a los trabajadores y pobladores de la zona e involucrarlos en el proceso de conservación de las especies.

El proceso de salvamento por captura implica la definición detallada de los sitios para liberación, de acuerdo con los requerimientos de hábitat de cada especie, aplicación de técnicas de captura (sedación, aseguramiento, protección y marcaje), transporte en contenedores apropiados para cada especie e individuo, con adaptaciones para protección y manipulación.

La captura de mamíferos se puede realizar mediante persecución del ejemplar capturándolo con mallas o lazos o instalando trampas con señuelos y cebos. La manipulación se debe hacer con mucho cuidado, teniendo en cuenta la fragilidad de los huesos del animal y presencia de heridas o golpes. Una vez capturados es muy útil cubrir su cabeza con mantas, para disminuir su condición de estrés.

La captura de ofidios se debe realizar utilizando los implementos de seguridad necesarios (soga a través de tubo, horqueta, gancho de captura, entre otros) y garantizando la experiencia del personal que los manipulará.

El manejo de anestesia no es sencillo, y sobredosis pueden ser fatales, por lo tanto su uso y administración debe ser realizado por personal con amplia experiencia, quienes deben tener en cuenta la masa del animal y el tiempo de acción requerido. Algunos anestésicos de uso intramuscular se presentan en la Tabla 7.2-5.

Los ejemplares deben transportarse por separado, inclusive los de especies gregarias, pues el estrés a que están sometidos puede provocar comportamientos agresivos entre ellos.

Las jaulas de transporte deben ser cerradas, con aditamentos que permitan la libre entrada de aire y eviten el sobrecalentamiento. El tamaño de las jaulas debe ser adecuado al tamaño del animal, de manera que le permita el transporte cómodo pero que limite su excesiva movilidad al interior de ésta.

Durante los trabajos de intervención y tala se harán registros de todas las especies de fauna observadas, capturadas o rescatadas, e igualmente se harán recorridos o transectos por toda la

zona, realizando un inventario de la fauna desplazada. También se harán registros fotográficos de las especies.

Tabla 7.2-5 Uso de anestésicos (Ketamina) en algunos animales silvestres

Tipo de animal	Ketamina (a) (mg/kg)	Mezcla 1:1 (b) (unidad/100 mg)	Mezcla 8:1 (c) (unidad/10 mg)
Aves menores de 100 g	20 – 40		
Palomas	30 – 60	6 –12	
Rapaces	5 – 10	1 –2	
Patos, gansos	60		
Comadreas	5 –15	1 – 3	
Ardillas	10 –20	2 – 4	
Roedores menores de 100 g	5 - 20		0,5 - 2
Roedores mayores de 100 g	5 - 20	1 - 4	

(a) Ketamina sola con una concentración normal de 100 mg/ml

(b) Ketamina y Xylazine en proporción 1:1 (50 mg de Ketamina por ml; unidad = 0,5 mg/0,01 l)

(c) Agua, Ketamina y Xilazine en proporción 8:1:1 (10 mg de Ketamina por ml; unidad = 1 mg/0,01 ml)

Los registros obtenidos en campo deberán consignarse y presentarse en informes periódicos y así mismo, elaborar un informe final, con el objeto de evaluar el impacto real causado sobre la fauna silvestre y generar un archivo histórico, de utilidad en el tiempo de vida del proyecto y en posteriores investigaciones.

Aquellos ejemplares que inevitablemente mueran, deben ser preservados como especímenes de colección científica y donados a instituciones educativas con este tipo de colecciones como la UIS (Universidad Industrial de Santander) y el Instituto de Ciencias Naturales, adscrito a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

- **Sistemas de protección para fauna en infraestructura del proyecto**

Una vez inicie la fase de explotación del proyecto, las lagunas de lixiviación correspondientes con las Pilas Angosturas y Páez, pueden implicar riesgo para la fauna terrestre, que como parte de sus desplazamientos o por la oferta de agua, pueden caer y morir por ahogamiento.

Para evitar accidentalidad de la fauna terrestre (anfibios, reptiles y pequeños mamíferos), esta infraestructura debe estar provista de un cerramiento perimetral que impida el acceso de la fauna. Esta barrera puede construirse con material sintético o con trozas de madera provenientes de las actividades de aprovechamiento de material. Tendrá 0,5 m de altura de manera continua a lo largo del cerco perimetral, evitando espacios en los que individuos de fauna puedan traspasarla. Dependiendo de las condiciones del terreno, la barrera tendrá aletas de desvío de la fauna.

Para reducir el contacto de aves con las aguas de estas lagunas de lixiviación, así como de las aguas acumuladas en el tajo de explotación, se deben instalar ahuyentadores visuales como los que se muestran en la Figura 7.2-6. Algunos de estos ahuyentadores consisten en:

- (A) Espantapájaros inflable de ojo móvil. Este globo posee unos ojos en tres dimensiones que se mueven cuando las aves pasan volando que les da la sensación de que es un depredador acosándolos.
- (B) Este sistema es un disuasivo visual que emite destellos al moverse con el viento. El reflejo de la luz produce colores y formas que cambian constantemente lo cual es advertido por las aves como una señal de peligro inminente. Las aves consideran que es un depredador, un rival para el alimento y el espacio, y no ignoran esta amenaza potencial sino que reaccionan cambiando de lugar. Además, el sonido que produce al moverse con el viento agita a los pájaros.
- (C) Este espantapájaros simula un búho de 1,22 m con las alas extendidas en actitud amenazante. Con el movimiento del aire dará la sensación de que esta en movimiento

Para evitar que estos ahuyentadores pierdan su efectividad con el tiempo, estos deben reemplazarse o rotarse entre los diferentes sitios.

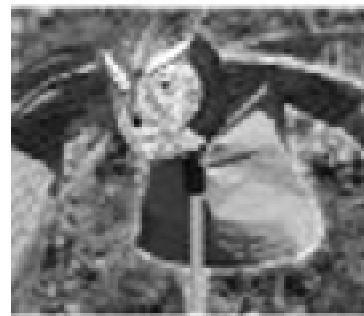
Figura 7.2-6 Ahuyentadores visuales de aves



A.



B.



C.

7.2.3.7 Cuantificación de la medida

Se construirán dos viveros para el almacenamiento de semillas y plántulas rescatadas y producción del material vegetal necesario para la restauración de ecosistemas terrestres en las zonas de compensación, así como la recuperación de cobertura vegetal en las zonas intervenidas por el proyecto.

Se construirán dos centros de paso para la atención temporal de la fauna silvestre.

Rescate de semillas y plántulas en todas las zonas donde se realice remoción de cobertura vegetal, de por lo menos las especies identificadas con algún estatus especial de conservación.

Rescate y reubicación de la fauna presente en las zonas donde se realizará remoción de cobertura vegetal, de por lo menos las especies definidas con algún estatus especial de conservación.

7.2.3.8 Lugar de aplicación

- Zonas de obras para montaje de infraestructura del proyecto
- Tajo de explotación
- Pilas de lixiviación
- Zona de depósito de estériles
- Canteras
- Vaso del embalse El Salado

7.2.3.9 Población beneficiada

Los pobladores del área de influencia del proyecto se verán beneficiados por el programa, en la medida que mediante la ejecución de las actividades descritas, se buscará reducir las alteraciones sobre las poblaciones de flora y fauna, especialmente de aquellas especies definidas con algún estatus ecológico especial.

7.2.3.10 Mecanismos y estrategias participativas

Las brigadas para las actividades de rescate de flora y fauna silvestre deben estar conformadas por personal calificado. La participación de la comunidad en estos procesos se logra mediante los talleres de capacitación y sensibilización previstos, a través de los cuales se retroalimentarán las actividades de rescate, de acuerdo con las experiencias y el conocimiento tradicional de los pobladores de la zona.

7.2.3.11 Personal requerido

Veterinario

Profesionales con experiencia en manejo de fauna silvestre

Ingeniero forestal

Profesionales con experiencia en restauración de vegetación.

Tecnólogos auxiliares

Personal auxiliar para el mantenimiento de las instalaciones.

7.2.3.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Número de viveros implementados y operando en el tiempo previsto.

Número de centros de paso para fauna silvestre implementados y operando en el tiempo previsto.

Relación entre el número de individuos vegetales (plántulas o árboles en estado juvenil) rescatados por especie con el número de individuos que sobreviven en un lapso determinado en el vivero.

Relación entre el número de individuos vegetales por especie rescatados y sembrados en las zonas de restauración con el número de individuos que sobreviven en un lapso determinado.

Relación entre el número de individuos de fauna rescatados con el número de individuos liberados vivos y sobrevivientes en un lapso determinado.

7.2.3.13 Responsable de la ejecución.

Greystar es el responsable de la implementación de las medidas de manejo ambiental indicadas.

7.2.3.14 Cronograma

Los viveros y los centros de paso de fauna se deben construir desde el inicio de la fase de instalación del proyecto.

El rescate de semillas y plántulas, así como el rescate de fauna silvestre se realizará desde la fase de instalación del proyecto, previo a las actividades de remoción de cobertura vegetal. Así mismo, se mantendrá a lo largo de la fase de explotación, de manera previa a cualquier actividad de remoción de cobertura vegetal.

7.2.3.15 Presupuesto

El programa de rescate de flora y fauna tiene un costo total de \$1 297 120 000.

7.2.4 Programa de manejo y disposición final del suelo y cobertura vegetal

7.2.4.1 Objetivos

Realizar adecuadamente la remoción y disposición del suelo y cobertura vegetal en las zonas que serán intervenidas por el proyecto.

7.2.4.2 Metas

Aprovechar por lo menos el 90% de la biomasa vegetal maderable.

Disponer adecuadamente la biomasa vegetal no maderable y aprovechar por lo menos el 50% de la misma para la conservación de suelos objeto de almacenamiento y en la restauración durante la etapa de cierre.

Almacenamiento adecuado de por lo menos el 95% del material de suelo en condiciones que permitan el aprovechamiento para las actividades de restauración o recuperación de ecosistemas y en la etapa de restauración y cierre.

7.2.4.3 Etapas

Este programa de manejo se implementará desde el inicio de las actividades de la fase de instalación y será permanente durante la fase de explotación, a medida que se avance en el tajo de explotación de material, la explotación de canteras y la disposición de estériles.

7.2.4.4 Impactos por controlar

Pérdida de suelo, alteración del paisaje, alteración de la calidad del agua.

7.2.4.5 Tipo de medida

Prevención, mitigación.

7.2.4.6 Acciones por desarrollar

- **Actividades preliminares**

Previo a los movimientos de tierra, se realizará la delimitación de las zonas con cinta de seguridad reflectiva, con el fin de prevenir la afectación innecesaria de espacios adicionales.

Una vez delimitadas las áreas por intervenir, y previo al retiro de la vegetación arbórea, se realizarán las actividades correspondientes al rescate flora y fauna, como se describió en el programa de manejo correspondiente, para continuar con el retiro de la vegetación arbórea, siguiendo los procedimientos indicados en la actividad de aprovechamiento forestal.

La vegetación herbácea y arbustiva se retirará posteriormente, mediante desbroce con machete, retirándola hacia zonas aledañas previamente adecuadas y delimitadas.

- **Aprovechamiento forestal**

El aprovechamiento forestal se inicia con la adecuación de las áreas para la construcción de vías de acceso, campamentos y demás infraestructura durante la etapa de construcción del proyecto.

La mayor parte del proceso de aprovechamiento forestal se realizará durante la adecuación de áreas para las pilas de lixiviación, el tajo de explotación y la disposición de estériles, que avanzará paulatinamente, conforme el programa de explotación de la mina, dado que para la ejecución de estas actividades se deberá remover la mayor cantidad de vegetación boscosa, y particularmente en la adecuación de la zona de depósito de estériles.

Todos los procesos de remoción de vegetación se realizarán de manera coordinada con las actividades del Programa de rescate de flora y fauna.

Se deben diseñar las actividades para el aprovechamiento de la vegetación presente en cada una de estas áreas de afectación, considerando las rutas de ingreso de personal y las de salida del material forestal por aprovechar; también se deben señalar los espacios por fuera de los cuales se restringe el paso de personas y maquinaria.

En las trochas que se realicen para ir a los sitios de trabajo, se deben colocar señales de entrada y salida, para evitar que el personal utilice otras rutas creando impactos fuera de las áreas de aprovechamiento.

La tala de la vegetación, se hará con la cuadrilla de corteros, bajo la dirección y supervisión del ingeniero forestal el cual definirá el alineamiento correcto del área a intervenir.

El sistema de tumba seguirá las siguientes actividades:

-
- Inicialmente el ingeniero forestal hará una selección y marcaje de los árboles objeto del aprovechamiento; estos árboles serán despojados de especies trepadoras, que pueden dificultar el apeo.
 - Posterior a la limpieza de lianas, se limpia la base de los fustes de vegetación arbustiva que puede dificultar la labor y tránsito de los trabajadores.
 - Paralelamente se hace la limpieza de hormigas y termitas o nidos de otros insectos que pueden ocasionar peligro a los trabajadores.
 - Previo al inicio de la tumba, se debe verificar la dirección de la caída para evitar riesgo de accidentes con los trabajadores y evitar la afectación de zonas no previstas para remoción de cobertura vegetal.
 - Los árboles que por defecto caigan sobre vegetación no removible deben ser desramados y troceados, procurando no afectar la vegetación adyacente.

Una vez el árbol ha sido tumbado, se procede al descope, siguiendo las siguientes orientaciones:

- Determinación del punto del fuste hasta donde este puede ser aprovechado.
- Cuando parte de la sección ramificada es objeto de aprovechamiento, se empieza separando las ramas desde la parte inferior hacia el ápice.
- Las ramas gruesas y cortas, se cortan en varias partes empezando desde la parte externa evitando de esta forma accidentes.
- Ante la dificultad de transportar troncos dadas las condiciones topográficas complejas de la zona, el desrame se realiza en el sitio de caída del árbol, lo mismo que el seccionado, previa definición de sus usos por tamaño y tipo de madera.
- Los árboles y arbustos talados deben ser utilizados en lo posible como materiales de obra, tales como estacas, señales, elaboración de formaleas y párales, andamios, soporte, trinchos.
- El material sobrante podrá suministrarse a los campesinos para su utilización en cercas, construcción y mejora de viviendas.
- Los desechos vegetales consistentes en fustes, ramas y hojas deben almacenarse temporalmente en los frentes de tala, para no obstaculizar las actividades propias del aprovechamiento, para su posterior traslado a la zona de disposición final.
- Desde el momento en que se tala la vegetación se debe iniciar el proceso de selección, utilización, conservación y almacenamiento de la biomasa removida.
- Por ningún motivo los escombros vegetales pueden ser quemados o arrojados hacia las laderas inferiores, sobre las quebradas o en áreas que interrumpan drenajes naturales.
- Los escombros vegetales deben ser transportados y dispuestos en forma adecuada en la zona de depósito de excedentes de excavación establecida para el proyecto.
- Como parte de las actividades del programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo, se deben implementar proyectos piloto para el compostaje de los escombros vegetales, con el fin de obtener materia orgánica necesaria para las actividades de recuperación de la cobertura vegetal en los taludes de corte y llenos de las obras del proyecto.

- **Almacenamiento de suelo removido**

Desde el inicio del proyecto, se requiere remover la capa de suelo presente en las zonas donde se implementará la infraestructura necesaria para las actividades de explotación y obtención del oro:

- Vías industriales
 - Canteras
 - Zona de trituración
-

-
- Planta de procesos
 - Talleres de mantenimiento
 - Estación de combustible
 - Oficinas y campamentos
 - Embalse El Salado
 - Canchas para la pila de lixiviación Angostura

El material de suelo removido, se almacenará temporalmente en zonas próximas para su posterior reutilización como parte de la recuperación vegetal y paisajística en los taludes de corte y lleno generados.

De otra parte, cuando inicie la etapa de explotación y producción de oro, a medida que se avance en el programa de explotación, se requiere la remoción de la capa de suelo en:

- Tajo de explotación
- Cancha para las pila de lixiviación Paez
- Depósito de estériles

En estas zonas se generará la remoción de mayores volúmenes de suelos, que deben ser almacenados en bancos, implementando técnicas y protocolos que permitan su reutilización en el mediano y largo plazo.

- *Almacenamiento temporal de suelo en las zonas relacionadas con la infraestructura del proyecto*

Posterior al retiro de la vegetación, se efectuará el reconocimiento de los suelos, se harán apiques manuales para la identificación mediante comparación con perfiles modales las unidades de suelo presentes y las profundidades efectivas, realizando un seguimiento continuo en los frentes de corte y contabilizando los volúmenes acarreados, detallando las áreas de procedencia y los destinos temporales (bancos de suelo) o finales.

El mantillo y suelo (horizonte orgánico), se retirará y colocará en bancos del orden de 3 m de altura en áreas aledañas de cada una de las zonas de intervención, para ser utilizados posteriormente en la recuperación de taludes de corte y llenos.

La remoción de suelo se maneja con una profundidad promedio de 30 cm, sin embargo dependiendo de los reconocimientos que se realicen previo a su remoción, podrá modificarse la profundidad del suelo por remover. Se utilizará como equipo tradicional para esta operación tractor con trailla y en algunos casos se acude al equipo de minería (tractor/cargador/camión) para transportar este material a los bancos de suelo, quedando disponible para su posterior reutilización.

Las áreas para el almacenamiento temporal de suelos tendrán drenajes perimetrales y subdrenes cuando se requiera, evitando el arrastre de los suelos por las aguas de escorrentía. En la Figura 7.2-7 se presenta un esquema típico para la localización de los drenajes en las zonas de almacenamiento temporal del suelo removido. Así mismo, en la Figura 7.2-8 se presenta un detalle del esquema típico para el diseño de las obras de drenaje que deben implementarse.

En caso de ser necesario, de acuerdo con las condiciones climáticas, se cubrirá con material impermeable para evitar pérdida por la lluvia y lavado de nutrientes. Periódicamente se verificará el contenido de humedad para prevenir su desecación.

Figura 7.2-7 Esquema de localización de drenajes externos en las zonas de depósito
(Tomada de EPM, 2008)

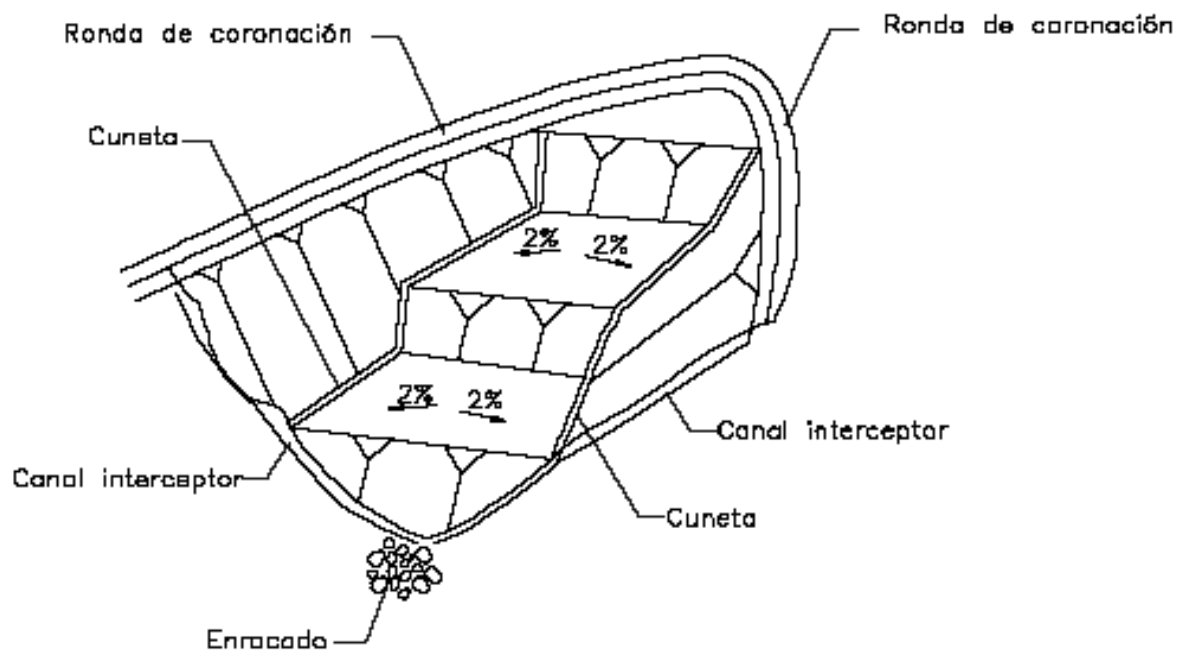


Figura 7.2-8 Esquema de obras de drenaje (Tomada de Guía minero ambiental – Minminas - Minambiente)

7.2.4.7 Cuantificación de la medida

La delimitación de las zonas que serán intervenidas se cuantifica en relación con el avance de las actividades de remoción de cobertura vegetal.

Al aprovechamiento forestal es cuantificable en términos de la extensión (ha) en la que se realiza la remoción de cobertura vegetal y el volumen (m³) o peso (toneladas) del material vegetal removido, tanto del aprovechable comercialmente como de la biomasa total de vegetación removida.

El almacenamiento de suelo removido se cuantifica en términos de volúmenes de suelo removidos de los frentes de obra, así como los volúmenes transportados y dispuestos en los bancos de suelo.

7.2.4.8 Lugar de aplicación

- Zonas de obras para montaje de infraestructura del proyecto
- Tajo de explotación
- Pilas de lixiviación
- Zona de depósito de estériles
- Canteras
- Vaso del embalse El Salado

7.2.4.9 Población beneficiada

Los pobladores del área de influencia del proyecto se verán beneficiados por el programa, en la medida que mediante la ejecución de las actividades descritas, podrán aprovechar la biomasa vegetal maderable que no sea utilizada por el proyecto.

7.2.4.10 Mecanismos y estrategias participativas

Las comunidades del área de influencia pueden beneficiarse con la madera aprovechable comercialmente, mediante el diseño de proyectos para su uso y aprovechamiento con fines comunitarios.

7.2.4.11 Personal requerido

Ingeniero forestal y personal técnico con experiencia en actividades de tala de vegetación.

7.2.4.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Relación entre los volúmenes de suelo removidos y los almacenados.

Características físicas, químicas y biológicas de los suelos almacenados.

Relación entre el volumen de suelo almacenado y el volumen utilizado en actividades de recuperación vegetal o restauración de ecosistemas.

Relación entre las áreas previstas por intervenir con las realmente intervenidas.

Relación entre los volúmenes de madera usada en relación con los volúmenes aprobados en la licencia ambiental.

7.2.4.13 Responsable de la ejecución

Greystar es el responsable de la implementación de las medidas de manejo indicadas.

7.2.4.14 Cronograma

Desde el inicio del proyecto, cuando se requiera la remoción de cobertura vegetal para el montaje de la infraestructura del proyecto se aplicarán las medidas de manejo indicadas. Así mismo, en la fase de explotación, se aplicarán en la medida del avance de explotación del tajo y disposición de los excedentes de excavación.

7.2.4.15 Presupuesto

El costo del plan de manejo de la disposición y almacenamiento de suelos y de cobertura vegetal es de \$ 3 385 089 600. Este valor no incluye los costos de manejos de agua (drenajes) ni de estabilidad, que hacen parte de los de ingeniería.

7.2.5 Programa de recuperación vegetal en taludes de corte y llenos

7.2.5.1 Objetivos

Prevenir la generación de procesos erosivos en taludes de corte y llenos asociados a las obras de infraestructura del proyecto.

Reducir la alteración del paisaje ocasionada por la pérdida de cobertura vegetal y alteración de las geoformas, resultados de los movimientos de tierra relacionados con la instalación de infraestructura para el desarrollo del proyecto.

7.2.5.2 Metas

Recuperación de por lo menos el 80% de la capa de suelo y cobertura vegetal en las superficies intervenidas por la construcción de infraestructura para el proyecto.

7.2.5.3 Etapas

Este programa se implementará principalmente en la etapa de instalación del proyecto. Sin embargo, durante la fase de operación, en la medida que se requiera la construcción de obras de infraestructura, los taludes resultantes de cortes o llenos, deben ser recuperados en su cobertura vegetal.

7.2.5.4 Impactos por controlar

Alteración del paisaje, pérdida de suelo, pérdida de cobertura vegetal y hábitats.

7.2.5.5 Tipo de medida

Prevención, mitigación.

7.2.5.6 Acciones por desarrollar

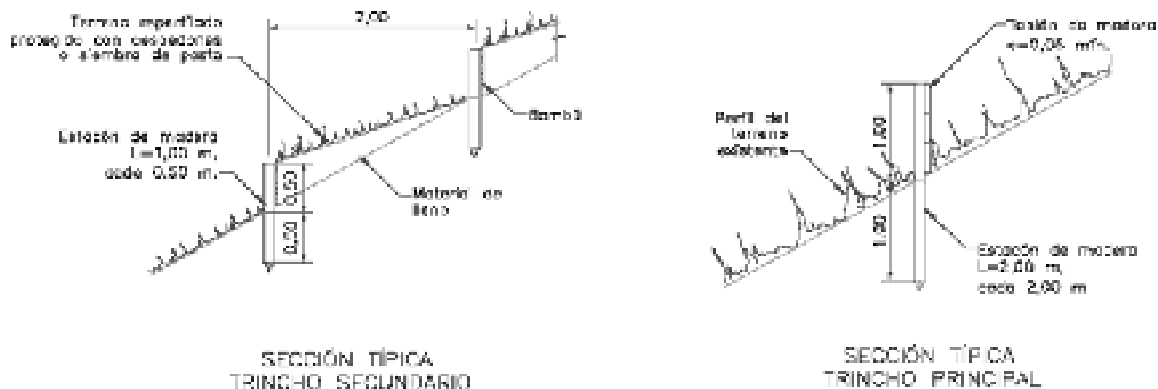
Para la recuperación de cobertura vegetal en los taludes de las pilas de lixiviación o el depósito de excedentes de excavación Móngora, considerando su gran extensión y la necesidad de implementar protocolos particulares tendientes a la recuperación de los ecosistemas y hábitats de páramo, subpáramo y bosque altoandino, se aplicarán los resultados que se obtengan de las actividades correspondientes a los programas de investigación.

La recuperación de cobertura vegetal, mediante las técnicas que se presentan a continuación, se aplicarán a los taludes de cortes y llenos generados por las obras de infraestructura asociadas a la fase de instalación del proyecto tales como vías de acceso, campamentos temporales y definitivos, oficinas, talleres, bodegas, etc., dada la necesidad inmediata de proteger estas superficies de las acciones erosivas del agua y el viento.

La recuperación de estas áreas, se iniciará una vez se realicen las adecuaciones para garantizar la estabilidad geotécnica de los taludes y el correspondiente manejo de drenajes.

La actividad inicial consiste en depositar en las superficies objeto de recuperación, una capa del material de suelo almacenado con un espesor aproximado de 10 a 15 cm aproximadamente. En zonas con pendientes superiores al 30%, es necesario disponer el material conformado microterrazas, para lo cual se utilizará la madera apta para tal fin previamente almacenada durante la adecuación de las áreas de intervención como parte de las actividades de aprovechamiento forestal. En la Figura 7.2-9 se presenta la sección típica de trinchos utilizados para actividades de empradización de taludes.

Figura 7.2-9 Implementación de sistemas de trinchos para empradización (Tomada de EPM, 2008)



Una vez depositado el material de suelo, se adiciona una delgada capa de mantillo a manera de *mulch*; esta capa prevendrá la pérdida excesiva de humedad en el material de suelo dispuesto y aportará semillas de especies pioneras, logrando rápidamente una cobertura herbácea que creará un microclima favorable para las especies a plantar. Dependiendo de los taludes del terreno y la

disponibilidad del material de mantillo, éste puede ser reemplazado por costal de fique sostenido por estacas.

Esta técnica se puede combinar mediante la conformación de microcuevas próximas entre ellas (cada 1m) y con profundidad suficiente (aproximadamente 20 cm), de manera que se retengan todos los insumos que van a aplicarse, como fertilizantes orgánicos, correctivos, mulch, adhesivos y semillas.

De acuerdo con las condiciones particulares del talud, se pueden proteger las microcuevas para evitar el desprendimiento del material de siembra; este recubrimiento puede hacerse con costal de fique, fijado con estacas; es aconsejable el uso de agromantos, diseñados para condiciones varias. Es posible y generalmente necesario reforzar la siembra, por pérdida o deficiente calidad del material.

Posteriormente se realizan las actividades de plantación, simulando el patrón básico de la sucesión vegetal. Se efectúan varias plantaciones sucesivas, distanciadas por lapsos de varios meses, introduciendo en cada lapso, los juveniles de una etapa más avanzada. Se efectúan, portanto, tantas plantaciones como se quiera avanzar sobre el estado sucesional. Para establecer la composición de los diferentes estadios sucesionales requeridos, se tendrán en cuenta las condiciones del medio natural en zonas biodinámicas semejantes.

El lapso entre plantaciones no está determinado por el tiempo cronológico, sino por el sucesional. Así, el seguimiento del desarrollo del material plantado (cambios edáficos, fisonómicos o florísticos) es la clave para la etapa siguiente, determinando el momento indicado para la siguiente plantación. La combinación y secuencia de especies queda determinada por la composición y estructura de la vegetación que se va desarrollando, en correspondencia con las condiciones edáficas y climáticas.

7.2.5.7 Cuantificación de la medida

La implementación de la medida de manejo se cuantifica teniendo en cuenta la extensión de las superficies de corte y lleno desprovistas de vegetación generadas por la construcción de las obras y la extensión con tratamiento para la recuperación de la cobertura vegetal y suelo.

7.2.5.8 Lugar de aplicación

Taludes de cortes y llenos generados por las obras de infraestructura asociadas a la fase de instalación del proyecto tales como vías de acceso, campamentos temporales y definitivos, oficinas, talleres, bodegas, etc.

7.2.5.9 Población beneficiada

Directamente se beneficiará el personal que trabaje en la mina, pues mediante estas medidas de manejo se reducirán los procesos erosivos, así como la generación de material particulado a la atmósfera. De otra parte, desde el punto de vista estético y paisajístico, será más agradable.

7.2.5.10 Mecanismos y estrategias participativas

En esta actividad no tiene participación personal ajeno a la mina.

7.2.5.11 Personal requerid

Ingeniero forestal, biólogo, licenciado en biología o ecólogo con experiencia en restauración de vegetación. Personal técnico especializado y personal de planilla.

7.2.5.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Relación entre la superficie total expuesta de los taludes y llenos en relación con la efectivamente tratada.

7.2.5.13 Responsable de la ejecución

Greystar es el directamente responsable de la implementación de estas medidas de manejo.

7.2.5.14 Cronograma

Estas medidas de manejo aplican a la fase de instalación del proyecto. Durante la operación se realizarán actividades de mantenimiento de las áreas recuperadas con cobertura vegetal.

7.2.5.15 Presupuesto.

El costo de este programa es de \$1 414 948 000. Los costos del material vegetal necesario y de material de suelo están incluidos en los de manejo de vegetación y de suelos.

7.2.6 Programa de educación y restauración ecológica participativa

7.2.6.1 Objetivos

Brindar bases conceptuales para generar conciencia acerca de la importancia de la conservación de los recursos naturales.

Generar espacios de participación comunitaria para la articulación de grupos de población local con los procesos de restauración ecológica para asegurar el éxito de los proyectos relacionados con el tema.

7.2.6.2 Metas

Implementar señalización vial en las vías de acceso para reducir la muerte de fauna silvestre.

Brindar capacitaciones ambientales al personal vinculado al proyecto.

Realizar talleres ambientales con la comunidad para el fortalecimiento del conocimiento local, por medio del diálogo de saberes.

Generar la participación activa de la comunidad en torno a las actividades de restauración ecológica en las zonas de compensación.

7.2.6.3 Etapas

Este programa iniciará a partir de la etapa de instalación del proyecto, debe iniciarse después de la conformación del grupo básico de investigación.

7.2.6.4 Impactos por controlar

Pérdida de cobertura vegetal y hábitats, pérdida de individuos vegetales, desplazamiento o pérdida de individuos de fauna terrestre por eliminación y alteración de hábitats alteración de poblaciones de especies de vegetación y fauna con estatus especial de conservación, incremento en la fragmentación de hábitats y de corredores biológicos, alteración de redes tróficas, alteración ecológica y visual del paisaje.

7.2.6.5 Tipo de medida

Mitigación – Compensación.

7.2.6.6 Acciones por desarrollar

Las actividades van dirigidas al personal vinculado al proyecto, a las comunidades vecinas y a la comunidad residente en áreas de compensación.

• **Actividades dirigidas al personal vinculado al proyecto y a las comunidades vecinas**

Señalización vial

Se deben instalar señales informativas en las vías del proyecto, indicando la presencia de fauna silvestre en la zona, presencia de especies amenazadas de flora y fauna y prohibición de actividades de caza, especialmente en zonas cercanas a cruces fluviales, en zonas cercanas a coberturas vegetales conservadas y/o con niveles de fragilidad ecosistémica alta a media.

Debido a que la operación de vehículos y de maquinaria en todas las etapas del proyecto ocasiona muerte por atropellamiento para especies de locomoción lenta y aún para algunas que no responden con huida al paso de vehículos, se deben instalar reductores de velocidad para reducir el riesgo de atropellamiento de fauna silvestre. La señalización vial debe induirse como uno de los temas a tratar en la capacitación ambiental que se presenta a continuación.

Capacitación ambiental

- Temáticas para la capacitación ambiental

Las principales temáticas que se deben trabajar en las actividades de capacitación ambiental a los trabajadores y las comunidades vecinas al proyecto son:

- Concepto de ecosistema
 - Importancia y relación de la fauna y la flora en el ecosistema
 - Identificación y conservación de especies de fauna y flora amenazadas
 - Aspectos negativos de la caza de fauna silvestre
 - Leyes ambientales que regulan el comercio de especies de flora y fauna en veda.
-

- Señalización vial

- Enfoque de la capacitación

Se deben realizar talleres y actividades educativas con el personal vinculado con la construcción del proyecto, en los cuales se concientizará sobre la importancia de la fauna local y su relación con la flora, haciendo énfasis en la estrecha relación que existe entre ambos componentes, para que los trabajadores comprendan que con la protección de la vegetación natural se conserva la fauna y ésta a su vez, se encarga de mantener la flora, por medio de la polinización y dispersión de semillas.

Para resaltar la importancia de la idea anterior, es necesario mencionar las especies animales (insectos, aves, mamíferos, etc.) dispersoras de las especies de flora más reconocidas por ellos. De otro lado, es necesario destacar la importancia que tiene la fauna controladora de plagas (aves, serpientes, lagartos, etc.), que afectan tanto al hombre como a sus animales domésticos y cultivos. Como es el caso de las aves, anfibios y lagartos, que controlan insectos potencialmente plaga; pero a su vez, una alteración del medio los puede convertir a ellos mismos en elementos dañinos.

Es importante resaltar aspectos como el papel ecológico que cumplen las especies que tienen un estigma cultural desagradable, como es el caso de los murciélagos, los cuales son dispersores de semillas, polinizadores, controladores de insectos, etc.; la fura (*Didelphis pernigra*) como dispersora de semillas y el búho (*Ciccaba albitarsis*) y como controladores de las poblaciones de ratones.

Así mismo, se debe concientizar a la población para que de prelación al paso de fauna en la vía y para que no se realicen actividades de caza de la fauna silvestre, cuestionando sobre la necesidad real de la caza, cuando se tienen otras alternativas de alimentación diferentes, todo esto en aras de la sostenibilidad y buscando un acertado desarrollo de la calidad de vida de la comunidades y del cuidado del medio ambiente.

Es de vital importancia dar a conocer y explicar a los trabajadores las leyes ambientales de protección, conservación y comercialización de la fauna silvestre, además de las prohibiciones existentes al respecto.

Es importante resaltar que en los contratos que realice Greystar con los subcontratistas encargados de la instalación del proyecto, debe estipularse claramente la prohibición de captura y caza de fauna silvestre con las sanciones correspondientes, sin perjuicio de las sanciones de ley.

- **Actividades dirigidas a la comunidad residente en áreas de compensación**

Restauración con participación comunitaria

Las comunidades y los investigadores son considerados actores fundamentales para la puesta en marcha y continuidad de los procesos de restauración ecológica (Cano & Zamudio, 2007), razón por la cual el presente programa es fundamental para asegurar la continuidad de los programas de compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats y para el programa de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo.

Las fases que conformarán la restauración con participación comunitaria serán:

- Identificación de grupos focales

En esta fase se localizarán los diferentes sectores de la población como: comunidades campesinas, organizaciones locales, juntas de acción local (JAL) y comunidades escolares.

-
- Apropiación de saberes locales y educación ambiental

Se realizará por medio de talleres para incentivar la valoración de los recursos naturales, divulgar los beneficios de la restauración ecológica y fortalecer la transmisión de los conocimientos a través de las generaciones.

- Diálogo de saberes

Se realizará por medio de la creación de un espacio para el encuentro entre comunidades e investigadores para favorecer el intercambio de conocimientos y el planteamiento de acciones para la recuperación de zonas degradadas. Las principales temáticas a tratar serán el manejo y la problemática ambiental generada por usos inadecuados del territorio, la responsabilidad con el entorno y las especies de flora y fauna claves para el ecosistema y para la restauración.

- Prácticas comunitarias en torno a la restauración ecológica

Para estas prácticas una de las opciones es integrar el tema en centros educativos por medio de la realización de actividades prácticas e investigativas con la participación de alumnos, padres de familia y líderes campesinos. Se utilizará material que recopile el conocimiento local y las acciones de restauración, como herbarios, siembra de individuos vegetales, cartillas educativas y boletines informativos.

7.2.6.7 Lugar de aplicación

Campamentos de trabajadores vinculados al proyecto

Centros educativos ubicados en zonas de compensación o en sectores cercanos.

7.2.6.8 Población beneficiada

Trabajadores vinculados al proyecto y pobladores a nivel local y regional.

7.2.6.9 Mecanismos y estrategias participativas

Conformación del grupo básico de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, convenios de investigación con Universidades, coordinación con CDMB y CORPONOR.

7.2.6.10 Personal requerido

2 Biólogos con experiencia en educación ambiental y trabajo con la comunidad

1 Trabajador social, sociólogo o antropólogo

7.2.6.11 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Número de talleres realizados

Número de personas capacitadas

7.2.6.12 Responsable de la ejecución.

El responsable de la ejecución estará a cargo de Greystar

7.2.6.13 Cronograma

La señalización vial y la capacitación ambiental iniciarán con la instalación del proyecto y se reanudarán cada 2 años. La Restauración con participación comunitaria se iniciará una vez conformado el grupo de investigación en restauración, y tendrá continuidad durante la operación del proyecto.

7.2.6.14 Presupuesto

Esta actividad no tiene costos a los ya previstos como parte de los planes de manejo socioeconómico.

7.2.7 Programa de compensación por pérdida de hábitats acuáticos

7.2.7.1 Objetivos

Compensar la pérdida y alteración de hábitats acuáticos, mediante la implementación de programas de investigación y actividades para la restauración de ecosistemas acuáticos intervenidos actualmente en la zona del proyecto.

7.2.7.2 Metas

Desarrollar por lo menos tres programas de investigación tendientes a recuperar las comunidades hidrobiológicas nativas, especialmente las correspondientes a la fauna íctica y un programa de investigación orientado a establecer el impacto de la tucha sobre el ciclo de vida (estadios larvales) de anfibios de páramo típicos de la zona.

7.2.7.3 Etapas

El desarrollo de este programa será simultáneo y complementario al programa de investigación en recuperación de ecosistemas de páramo y subpáramo.

7.2.7.4 Impactos por controlar

Pérdida o alteración de hábitats para comunidades acuáticas.

7.2.7.5 Tipo de medida

Este programa de manejo es de tipo compensatorio.

7.2.7.6 Acciones por desarrollar

La biota acuática (perifiton y macroinvertebrados benthicos), corresponde a comunidades de ecosistemas de alta montaña a adaptadas a las variaciones naturales de caudal y sus correspondientes condiciones físicas y químicas. Su composición, abundancia y atributos ecológicos reflejan los diferentes niveles de intervención antrópica de sus microcuencas.

Los peces más comunes en las zonas montañosas de los andes inducen especies de las familias Trichomycteridae, Astroblepidae y algunos géneros de la familia Loricariidae, dentro de la cuales se registra un buen número de especies adaptadas a la vida en quebradas correntosas de alta montaña.

La introducción de las truchas en las aguas andinas, ha hecho que muchas de estas especies hayan disminuido notablemente en estos sistemas, como sucede en la zona de estudio, en donde solamente se registró la presencia de tres especies de peces: la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), el jabonero *Trichomycterus* cf. *striatus* y el coroncero o Choque (una especie de la familia Loricariidae).

Las especies de anfibios, aunque no se inducen dentro de la biota acuática, desarrollan parte de su ciclo de vida en el agua y también se afectarán directamente por intervención de su hábitat e indirectamente por actividades asociadas al proyecto durante construcción y operación y que tienen que ver con la modificación de la calidad y cantidad de agua, que podría limitar el desarrollo de los estadios larvales de estas especies.

Esta afectación potencial asociada con la presión que actualmente hace la trucha arco iris sobre los estadios larvales de estos anfibios supone un riesgo importante para las poblaciones locales de estas especies.

Las zonas altas de las microcuencas de las quebrada Angosturas, Páez, Móngora y El Salado, que son aquellas en donde se generará la pérdida o alteración de hábitats, conservan las características apropiadas no sólo para el establecimiento de la comunidad íctica, sino de otras comunidades hidrobiológicas. Estos cuerpos de agua a diferencia de aquellos que se encuentran afectados por las actividades de la minería artesanal y en general, por las actividades antrópicas, presentan buenas condiciones fisicobióticas que permiten el establecimiento y proliferación de comunidades hidrobiológicas bien estructuradas.

Los principales cuerpos de agua que representan hábitats de interés ecológico inducen la microcuenca Romeral-Cucutilla y sus afluentes, la parte alta de la quebrada Angosturas, los afluentes de la microcuenca Angosturas-La Baja, la microcuenca Páez en su parte alta y sus afluentes y la microcuenca Móngora y sus afluentes.

Desde el inicio de las actividades de instalación del proyecto, integrado al grupo básico de investigación en restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, se diseñarán e implementarán las actividades de investigación que permitan entender los principales aspectos relacionados con los requerimientos de hábitat para las especies ícticas nativas altoandinas y los fenómenos de reducción y desplazamiento poblacional que ha ocasionado la trucha arco iris,

Con los resultados que se obtengan, se implementarán acciones específicas de restauración de hábitats, control de especies exóticas y repoblamiento íctico si es el caso. Estas investigaciones deben enfocarse principalmente hacia las especies de las familias Trichomycteridae y

Astroblepidae, típicas de la zona Altoandina y de anfibios de páramo cuyas poblaciones se encuentran actualmente seriamente disminuidas.

7.2.7.7 Cuantificación de la medida

Esta medida no tiene unidad de cuantificación. Esta se puede expresar en función del grupo de investigación, los proyectos que se desarrollen y los resultados que se obtengan.

7.2.7.8 Lugar de aplicación

Área de influencia del proyecto, incluyendo las zonas previstas como compensación por pérdida de cobertura vegetal y hábitats.

7.2.7.9 Población beneficiada

De manera directa los beneficios serán sobre la población local y regional. Los resultados de las investigaciones tendrán importancia y aplicación a nivel nacional.

7.2.7.10 Mecanismos y estrategias participativas

Convenios con universidades o institutos de investigación principalmente de Santander y Norte de Santander.

7.2.7.11 Personal requerido

Biólogo especialista en fauna íctica, especialmente con experiencia en ecosistemas de alta montaña.

7.2.7.12 Indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables)

Existencia y pertinencia de los perfiles de investigación, siguiendo formato de evaluación de proyectos tipo Colciencias.

Número de convenios logrados en relación con la meta prevista.

Número de profesionales y estudiantes de pregrado vinculados a la investigación por medio de los convenios.

Número de proyectos terminados, con protocolos listos y resultados de la investigación (publicaciones científicas o divulgativas).

7.2.7.13 Responsable de la ejecución

Greystar se encargará de la ejecución del programa, por medio del grupo de investigación básica en ecosistema de páramo y subpáramo, quienes a su vez gestionarán los convenios con universidades.

7.2.7.14 Cronograma

A partir de la etapa de instalación del proyecto debe iniciarse la conformación del grupo básico de investigación, el diseño de programas de investigación, la gestión para la celebración de convenios y el montaje del laboratorio para análisis básicos requeridos en los programas de investigación.

Cada uno de los programas de investigación tendrá una duración aproximada de dos años, y se deben seguir realizando durante el tiempo de operación del proyecto, de manera tal que los protocolos de rehabilitación y restauración estén finalizados en la etapa de recuperación del proyecto Angostura

7.2.7.15 Presupuesto

Ya está incluido en el programa de investigación en recuperación de ecosistemas páramo y subpáramo.
