

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA MINA CHELIN,  
MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR**

**Ing. JAIME ALBERTO GALAN VILLAMIZAR  
Ing. MARTIN NARVAEZ CASTRO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2005**

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA MINA CHELIN,  
MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR**

**Ing. JAIME ALBERTO GALAN VILLAMIZAR  
Ing. MARTIN NARVAEZ CASTRO**

**Monografía para optar el título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director:  
Ing. ELISEO OSORIO SUAREZ  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2005**

## DEDICATORIA

A Dios, creador del universo  
A ti y a mis hijos Andrés  
Felipe, Santiago y Jaime  
Alberto; por quienes realizo  
todos mis esfuerzos.

Jaime Galán

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero ELISEO OSORIO SUAREZ, Especialista en Ingeniería Ambiental por su colaboración, orientación y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A todas aquellas personas, por su asistencia en el desarrollo de las actividades técnicas y prácticas en el plan de manejo Ambiental para la mina chelín.

## RESUMEN

**TITULO:** MONOGRAFIA PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA MINA CHELIN, MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL SUR, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR<sup>1</sup>.

**AUTORES:** Ing. JAIME ALBERTO GALAN VILLAMIZAR  
Ing. MARTIN NARVAEZ CASTRO<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Evaluación Ambiental, Identificación de Impactos, Efectos del mercurio y cianuro, Prevención, Mitigación, Impacto Ambiental.

**DESCRIPCION:** Este trabajo fue realizado con el objeto de hacer una Evaluación Ambiental en las labores de arranque, perforación y voladura de material pétreo para la extracción del oro en la Mina Chelín del Municipio de Santa Rosa, identificar los Impactos Ambientales mas significativos sobre el medio ambiente en especial sobre el agua y la atmósfera por el proceso de amalgamación y cianuración respectivamente, analizar la relación de las actividades desarrolladas en cada acción productora con los elementos característicos y generar un conjunto de acciones ordenadas en el tiempo para compensar los impactos ambientales presentes en el sector de Mina Chelín. El presente Plan de Manejo Ambiental (PMA) servirá para prevenir, mitigar y corregir los efectos negativos del proyecto y potencializar los impactos positivos del mismo.

Las medidas y acciones correctivas propuestas permiten control sobre los niveles de contaminación de los diferentes factores ambientales, para lo cual es necesario actuar sobre la fuente generadora del impacto, sobre el medio en el cual se propaga el efecto contaminante y sobre el factor receptor de dicha contaminación.

La aplicación del presente PMA se verificará de acuerdo con el plan de monitoreo, seguimiento y control que se presenta en el capítulo 4 mediante el establecimiento de indicadores ambientales.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Eliseo Osorio Suárez

## ABSTRACT

**TITLE:** PLAN OF ENVIRONMENTAL HANDLING OF THE MINE CHELÍN, MUNICIPALITY OF SAINT ROSE OF THE SOUTH, DEPARTMENT DE BOLIVAR<sup>\*</sup>.

**AUTHORS:** GALAN VILLAMIZAR, Jaime Alberto y NARVÁEZ CASTRO, Martín<sup>\*\*</sup>

**KEY WORDS:** Environmental evaluations, identification of impacts, effects of the mercury and cyanide, prevention, mitigation, environmental impact.

### DESCRIPTION:

This work was carried in order to making an Environmental Evaluation in the outburst works, perforation and explosion of stony material for the extraction of the gold in the Mine Chelin of the Municipality of Santa Rosa, to identify the Environmental Impacts but significant on the environment especially on the water and the atmosphere for the process of amalgamation and cyanidation, respectively, to analyze the relationship of the activities developed in each action producer with the characteristic elements and to generate a group of orderly actions in the time to compensate the impacts environmental present in the sector of Mine Chelin. The present Plan of Environmental Handling (PMA)-(PEH) it will be good to prevent, to mitigate and to correct the negative effects of the project and power the positive impacts of the same.

The measures and correct actions proposed allow control on the levels of contamination of the different environmental factors, for that which is necessary to act on the generating source of the impact, on the means in which the polluting effect spreads and about the receiving factor of this contamination.

The application of the present PMA-PEH will be verified of agreement with the plan of revision, pursuit and control that it is presented in the chapter 4 by means of the establishment of environmental indicators.

---

<sup>\*</sup> Work of Grade

<sup>\*\*</sup> Specialization in Environmental Engineering. School of Chemical Engineering. Eliseo Osorio Suárez.

## TABLA DE CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE	16
1. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL (LÍNEA BASE)	18
1.1 COMPONENTE FISICO-QUIMICO	18
1.1.1 Localización y Vías de Acceso	18
1.1.2 Topografía	19
1.1.3 Suelos	20
1.1.4 Hidrografía	20
1.1.5 Climatología	20
1.1.6 Temperatura	22
1.2 COMPONENTE BIOTICO	25
1.2.1 Fauna	26
1.3. ASPECTO SOCIO-ECONOMICO	27
1.3.1 Población	27
1.3.2 Infraestructura de Servicios Públicos	28
1.31. Actividades Económicas	30
2. EVALUACIÓN AMBIENTAL	33
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIN PROYECTO	33
2.1.1. Geológicos	34

2.1.2 Agua	36
2.1.3. Atmósfera	36
2.1.4. Flora y Fauna	37
2.1.5. Otros Impactos	38
2.2. IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE IMPACTOS DEL PROYECTO MINERO	39
2.2.1. Impactos sobre la Atmósfera	39
2.2.2. Impactos sobre Aguas Superficiales	40
2.2.3. Impactos sobre el Suelo	41
2.2.4. Impactos sobre la Flora y la Fauna	41
2.2.5. Impactos sobre el Paisaje	42
2.2.6. Riesgos Geofísicos	42
2.2.7. Impactos Socio-económicos	43
2.8 ARRANQUE	45
2.9. CARGUE, DESCARGUE Y TRANSPORTE	45
2.10 TRITURACION, CRIBADO, MOLIENDA Y CLASIFICACION.	45
2.11 SEPARACION - REDUCCION, AMALGAMACION y CIANURACION	46
3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	48
3.1. CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	49
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS	50
3.3. MEDIDAS Y ACCIONES CORRECTIVAS	55
3.3.1 Medidas Correctivas para las Alteraciones de la Atmósfera	56
3.3.2 Medidas Correctivas para Alteraciones del Agua Superficial	59
3.3.3 Medidas Correctivas sobre las Alteraciones del Suelo	62
3.3.4 Medidas Correctivas para la Protección de la Fauna	63
3.3.5 Medidas Correctivas sobre el Paisaje	66
3.3.6 Medidas Correctivas sobre Procesos Geofísicos	68
3.3.7 Manejo Preventivo de Insumos	68
4. PLAN DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL	71
4.1. OBJETIVOS DEL PLAN DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL	71

4.2. DEFINICION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE CONTROL	72
4.2.1 Seguimiento y Control sobre las Condiciones Atmosféricas	72
4.2.2 Seguimiento y Control sobre las Condiciones de las Aguas Superficiales y Subterráneas	73
4.2.3 Seguimiento y Control sobre las Condiciones Naturales del Suelo	74
4.2.4 Seguimiento y Control a la Protección de la Flora y la Fauna	74
4.3 METODOLOGIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL	74
5. PLAN DE CONTINGENCIAS	76
5.1. OBJETIVOS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS	76
5.2. DESCRIPCION DE LAS CONTINGENCIAS	77
5.2.1 Desprendimiento de Rocas y Materiales Pétreos	77
5.2.2 Explosiones no Controladas	77
5.2.3 Accidentes con Maquinaria y Equipo	78
6. DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN Y CORRECCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	79
6.1. VIVERO	80
6.1.1. Criterios para el Diseño	80
6.2 BOTADERO DE ESTERILES	80
6.2.1. Criterios para el Diseño	80
6.2.2. Cantidad de Escombros	80
6.2.3. Lugar de Ubicación	81
6.2.4. Tipo y forma del botadero	82
6.2.5. Condiciones de Estabilidad	83
6.2.6 Botadero bajo Tierra	84
6.2 TANQUES DE SEDIMENTACION	84
6.3.1. Objetivos de la Construcción de Tanques de Sedimentación	84
6.3.3. Criterios para el Diseño de los Tanques de Sedimentación	85
6.3.4 Instalaciones Sanitarias	85
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	88

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Principales Especies Vegetales Presentes	25
Tabla 2. Principales Especies de Fauna Asociadas a la Vegetación y Relieve de la Cuenca Hidrográfica La Honda– Parte Alta	27

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Matriz para Identificación de Impactos Ambientales Sector Minero de Mina Chelín	34
Cuadro 2. Identificación de Impactos Ambientales en Minería de Filón	47
Cuadro 3. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón	52
Cuadro 4. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón Mina Chelín Acción productora de impactos analizada: Disposición de Escombreras.	53
Cuadro 5. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón: Mina Chelín Acción productora de impactos analizada: Amalgamación	54
Cuadro 6. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón: Mina Chelín Acción productor de impactos analizada: Fundición.	55

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Panorámica del Asentamiento Minero de San Pedro Frío	19
Figura 2. Valores mensuales de precipitación en m.m. Estación canelos 1989-2002	21
Figura 3. Valores medios de temperatura ( °C) para los canelos 1989-2002	22
Figura 4. Valores medios de humedad relativa, estación canelos 1989-2002	23
Figura 5. Valores totales de evaporación de (mms) para los canelos	24
Figura 6. Valores totales de brillo solar (horas) para los canelos 1989-2002	24
Figura 7. Vegetación típica de Mina Chelín.	26
Figura 8. Caserío de Mina Vieja	28
Figura 9. Trabajos Mineros Subterráneos	30
Figura 10. Zonas de Inestabilidad	35
Figura 11. Contaminación Atmosférica por las Fundiciones.	37
Figura 12. Diseño de botadero por vaguada	82

## **INTRODUCCIÓN**

Para el subsector de la pequeña minería de oro, que produce un deterioro grave al medio ambiente en el distrito minero de San Pedro Frío jurisdicción de Santa Rosa del Sur (Bolívar), se ha diseñado el presente plan de manejo ambiental local para la Mina Chelín, considerando los sistemas empleados para el aprovechamiento del recurso natural no renovable, el medio natural, los impactos generados, las características del área de influencia y las interrelaciones que se suceden en el espacio donde se desarrollan las actividades mineras, íntimamente relacionadas con los aspectos socioeconómicos de la región.

Los aspectos ambientales involucrados en las actividades de explotación y beneficio que contempla la actividad de la pequeña minera para el aprovechamiento del mineral aurífero, en el Sector de Mina Chelín se encuentran enmarcadas en el decreto 1753 de 1994 y en la legislación ambiental vigente.

El proyecto de Planeamiento Minero de Mina Chelín se encuentra localizado en el área de reserva forestal de la Serranía de San Lucas, pero no está localizado en parques nacionales naturales, santuarios de fauna y flora, como tampoco en territorios de designación especial contemplados por la Ley.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un plan de Manejo Ambiental Local para la zona del proyecto de Mina Chelín, para lograr un nivel óptimo en el ordenamiento ambiental de la pequeña minería aurífera que contribuya en el mejoramiento del nivel de vida de los moradores de la región, acorde con los lineamientos de la Política Nacional de producción más limpia dictada por el Ministerio del Ambiente, Ordenamiento Territorial y Vivienda, orientada a prevenir y minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental
- Caracterización ambiental del Sector de Mina Chelín.
- Identificación de los impactos ambientales mas significativos que existen sin el proyecto y los que causará el proyecto sobre los componentes físicos, bióticos y social en las etapas de construcción y operación.
- Indicar las principales acciones a desarrollar para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales que se causen por las labores de desarrollo, preparación y explotación diseñadas en el Planeamiento Minero recomendado.

## **JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

Por tratarse de un proyecto de pequeña minería el presente Plan se limitará a los aspectos ambientales realmente significativos, proponiendo criterios de diseños y presupuesto estimados a los programas y acciones recomendadas.

Por lo anterior se hará especial énfasis en el manejo y control del mercurio, cianuro, aguas de mina y de procesos de beneficio, manejo y disposición de residuos sólidos y estériles, control de erosión, deslizamientos del terreno, recuperación del suelo, reforestación y saneamiento básico.

De acuerdo con las condiciones ambientales existentes se hace una evaluación con y sin proyecto, determinando e implementando indicadores ambientales.

El Plan de Manejo Ambiental para la minería del sur de Bolívar se debe tomar como guía para la explotación por parte de los mineros de esta región, para el control, mitigación y prevención del deterioro ambiental, no son aplicadas en las actividades que se desarrollan.

## MARCO JURÍDICO

- DECRETO 948, DEL 5 DE JUNIO DE 1995 Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, el decreto-Ley 2811 de 1974, la ley 9 de 1979 y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.
- RESOLUCIÓN 898 AGOSTO 23 DE 1995 Por la cual se regulan los criterios ambientales de la calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial.
- LEY 430 ENERO 16 DE 1998 Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referente a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
- DECRETO 1524 JUNIO 26 DE 1984 Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI. Parte III – Libro II y el título III de la parte III – libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- DECRETO 1791 OCTUBRE 4 DE 1996 Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.

## **1. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL (LÍNEA BASE)**

En este capítulo se realiza una descripción del sector minero, la evaluación de la información disponible recopilada durante el trabajo de oficina y de campo, permitió adelantar la caracterización ambiental del Sector Minero de Chelín diagnosticado. Esta caracterización o inventario se estructura a partir de los componentes físico-químicos, biológico, y socio-económico

El medio físico-químico incluye áreas principales como son los suelos de la región, la topografía, los recursos hídricos superficiales y subterráneos, la calidad del aire y la climatología. Se indican aspectos biológicos globales como son la diversidad de especies animal y vegetal.

El medio socio-económico hace referencia a las tendencias demográficas de los habitantes del sector de mina chelín y los indicadores económicos del bienestar humano, el sistema educativo y otras infraestructuras de la región

### **1.1 COMPONENTE FISICO-QUIMICO**

**1.1.1 Localización y Vías de Acceso.** El Área de Integración Minera Chelín, se localiza en la jurisdicción del municipio de Santa Rosa del Sur, departamento de Bolívar, dentro de la serranía de San Lucas, la cual representa la parte más septentrional de la cordillera Central de Colombia.

A la zona se llega a través de un carretable sin pavimentar de 30 Km, desde el municipio de Santa Rosa del Sur hasta el sitio llamado la Punta (cercañas de la quebrada La Torera) con una duración de 3 horas en camiones Toyota de doble tracción. Desde este sitio hasta el caserío conocido como Mina

Vieja se llega a lomo de mula por un camino de trocha con una duración de 4 horas y de este se va por otro camino distante 30 minutos hasta llegar a Mina Chelín. En la Figura 1 se observa las condiciones actuales de la topografía predominante del corregimiento de San Pedro Frío (Mina Vieja).

**1.1.2 Topografía.** La región que comprende la serranía de San Lucas es bastante montañosa y quebrada, lo cual dificulta su acceso. Las alturas presentes en el área de estudio varían entre los 1650 y 2.300 m.s.n.m., siendo el cerro de la teta la principal elevación, con pendientes que van desde inclinaciones suaves hasta abruptas.

La zona del Proyecto de Mina Chelín presenta una topografía bastante quebrada y accidentada con fuertes pendientes, las cuales tienen un promedio del 50% y elevaciones que oscilan entre los 1650 y 1800 m.s.n.m. El rasgo fisiográfico característico dentro del área de integración lo constituye EL CERRO DE LA TETA con una altura de 2300 m.s.n.m, el cual se localiza al occidente de la zona de estudio y en su parte media sobre la misma ladera se encuentra el título minero de Mina Teta.

**Figura 1. Panorámica del Asentamiento Minero de San Pedro Frío (Mina Vieja)**



**1.1.3 Suelos.** Los suelos presentes en la cuenca de la Quebrada La Fría parte alta van desde la clase VI al y VIII, siendo la clase agrológica VIII la de mayor predominio, especialmente en las partes altas y medias de la cuenca.

Estos suelos se han desarrollado a partir de la meteorización química y física de las rocas ígneas intrusivas de composición media a ácidas, por lo tanto los suelos presentan una acidez media, repercutiendo sobre los cultivos. Dicho efecto se observa, en que inhibe el normal desarrollo de las plantas impidiendo el crecimiento de las raíces y la división celular, a su vez evita la absorción de calcio y fósforo. Lo anterior da como resultado que estos suelos sean de baja fertilidad y propensos a la erosión por la remoción de la cobertura vegetal nativa. Uno de los usos del suelo es la agricultura, que se realiza sin ninguna técnica, con la tala indiscriminada de los árboles.

Generalmente estos suelos tienen muchas limitaciones de drenaje, retención de agua, profundidad y fertilidad, por lo cual su uso se limita principalmente a la vegetación forestal y en área de menor pendiente a potreros con manejo especial, en general son suelos de conservación de la cuenca hidrográfica.

**1.1.4 Hidrografía.** El sistema hidrográfico de la región se desarrolla en sentido Occidente-Oriente y se encuentra conformado por la cuenca de la Quebrada La Fría. Este sistema fluvial pertenece a la cuenca hidrográfica de la Quebrada La Fría tiene un área de 64.075 hectáreas, perteneciente a los municipios de Santa Rosa del Sur, Simití, Montecristo y Morales esta cuenca tiene su nacimiento en el cerro de la Teta.

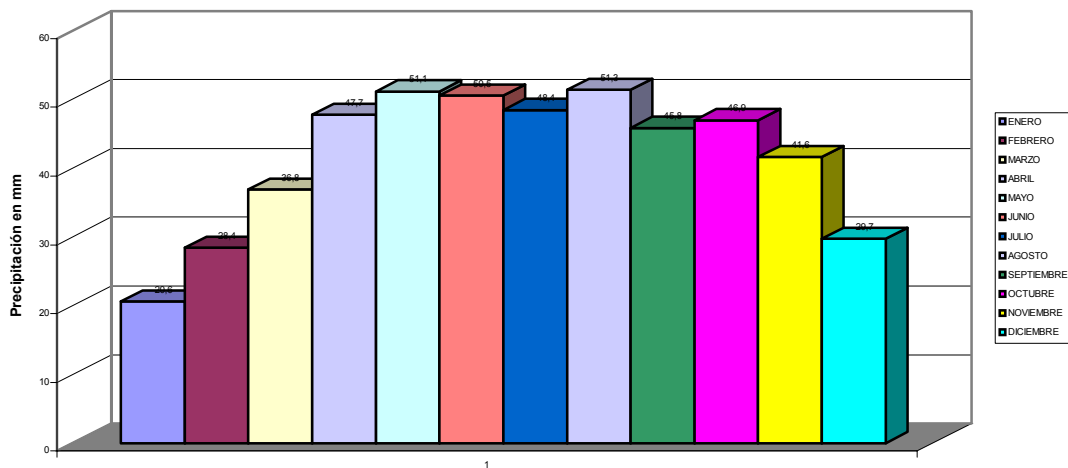
**1.1.5 Climatología.** El clima constituye el conjunto de condiciones de la atmósfera, que caracterizan el estado o situación del tiempo atmosférico y su

evolución en un lugar dado. El clima se determina por el análisis espacio tiempo de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan.

Entre los elementos del clima se tiene precipitación, temperatura, humedad, brillo solar y vientos, entre otros; los dos primeros son los más importantes por cuanto permiten definir clasificar y zonificar el clima de una región dada, en tanto que los otros se presentan como atributos caracterizadores de las unidades ya definidas. Los factores del clima, pendiente, altitud, formas del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima tanto como su indicador.

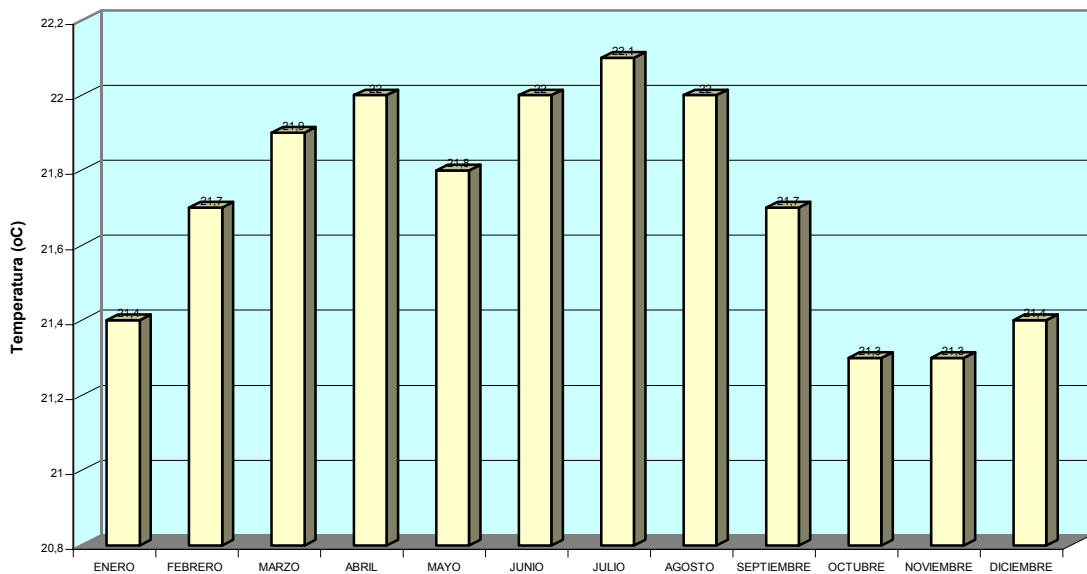
Precipitación. Se caracteriza por presentar un régimen bimodal, es decir, una época marcada de lluvia de mayo a noviembre y otra época marcada de verano desde el mes de diciembre a marzo. En la figura 2, se muestran las tendencias de precipitación en la zona, cuya información fue tomada de la Estación Canelos.

Figura 2. Valores mensuales de precipitación en m.m. Estación canelos 1989-2002



**1.1.6 Temperatura.** De acuerdo con los datos reportados en la estación Los Canelos, la temperatura promedio oscila entre los 21.9° C. Presentando las mínimas temperaturas el mes de enero, un mes donde ocurre la menor precipitación. Además, se tiene que los meses con mayor precipitación se registran las máximas temperaturas, esto es debido a un fenómeno meteorológico denominado el “*Veranillo de Julio*” por los habitantes de la región. Teniendo en cuenta que la altura promedio en Mina Chelín es de 1750, la temperatura máxima en este sector es de 18° C. En la figura 3 se presenta la variación de temperaturas durante un año.

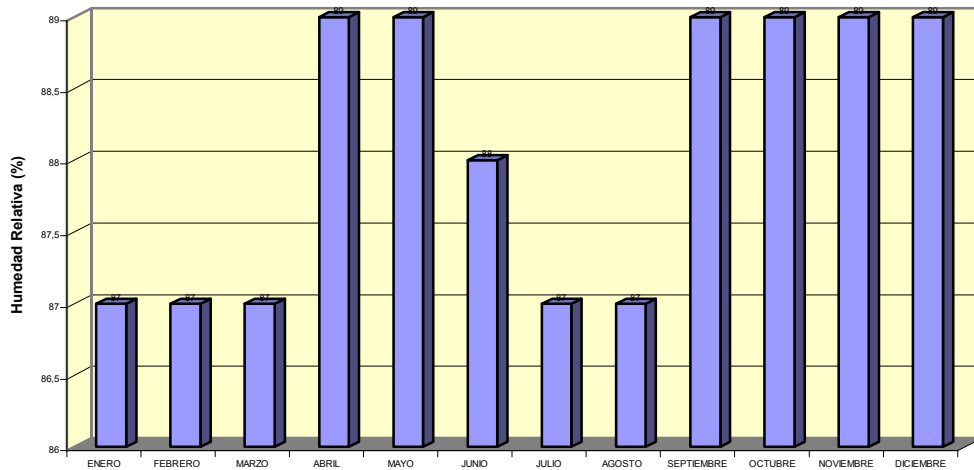
Figura 3. Valores medios de temperatura ( °C) para los canelos 1989-2002



**Humedad Relativa.** La humedad relativa es el porcentaje de humedad que se encuentra presente en el aire, basado en la concentración de agua en el mismo, la evaporación y la evapotranspiración de la zona. Para el área de estudio, se tiene que la humedad relativa se encuentra directamente correlacionada con la precipitación y la evapotranspiración potencial de la zona, debido al alto grado de cobertura vegetal existente en la zona.

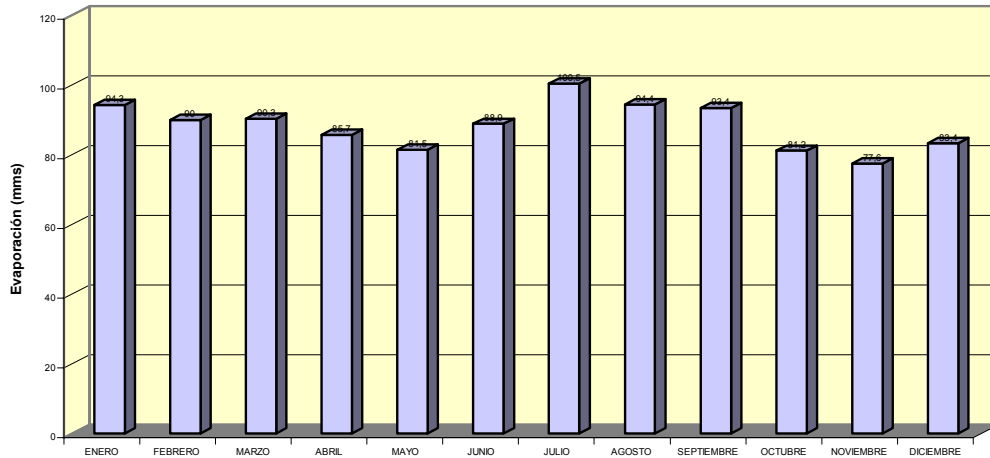
Por lo anterior, se tiene que para los datos reportados en la estación los Canelos se reporta una humedad relativa promedio de 88%, presentando los máximos porcentajes de humedad hasta de un 98% en los meses de mayor precipitación. En la figura 4, se muestra el comportamiento que muestra la humedad relativa.

Figura 4. Valores medios de humedad relativa, estación canelos 1989-2002



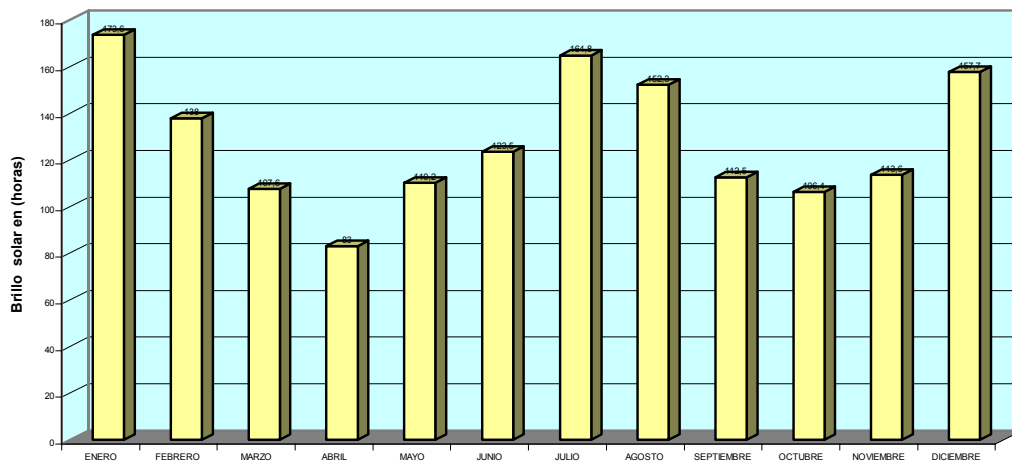
Evaporación. La evaporación es un proceso que está relacionado directamente con la temperatura, por lo tanto la máxima evaporación que se presenta es de 138.1 mm la cual se observa en los meses de mayor temperatura, y los mínimos valores en los meses de menor temperatura. En la figura 5, se muestra la manera como sucede el fenómeno de evaporación.

Figura 5. Valores totales de evaporación de (mms) para los canelos 1989-2002



Brillo Solar. De acuerdo con los datos suministrados por la estación los Canelos, la zona presenta un promedio anual total de 1550,8 horas de brillo solar, reportándose los mayores valores en los meses de Julio con 221.5 horas mensuales y enero con 210,4 horas mensuales; durante el mes de abril se obtiene un valor mínimo de 45,8 horas mensuales totales, en la figura 6 se presenta dicha información.

Figura 6. Valores totales de brillo solar (horas) para los canelos 1989-2002



## 1.2 COMPONENTE BIOTICO

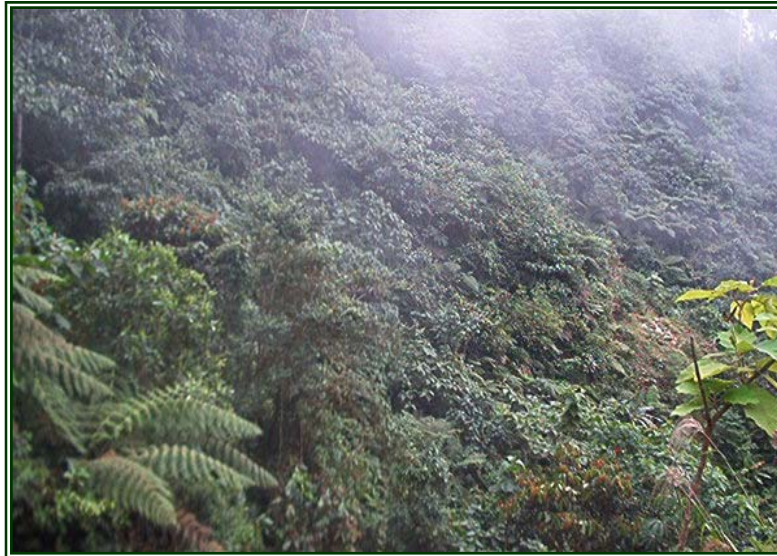
Vegetación. La vegetación existente en la zona es de montaña y corresponde a un bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), según clasificación de *Holdridge*, la cual se caracteriza por el tipo natural de cobertura y bosque; presenta abundancia de árboles altos y gran cantidad de maleza, ocasionando la formación de microclimas dentro de la misma área; la biotemperatura media que se origina se encuentra entre los 14° y 18°C; ésta clase de vegetación también provoca una precipitación anual entre los 3000 y 4000 mm. El hombre a intervenido algunos sectores para el uso agropecuario, encontrándose algunos abandonados, por lo tanto se originan un proceso sucesivo hacia un bosque secundario; la [Figura 7](#). muestra la vegetación nativa tanto de a región como de la zona de estudio. Las principales especies se relacionan en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Principales Especies Vegetales Presentes

Cuenca Hidrográfica	Tipo de Paisaje	Especies Vegetales
Quebrada La Fría – Parte Alta	Montaña	Balso blanco ( <i>Heliocarpus popayaneis</i> ) Guamo ( <i>Inga densiflora</i> ) Balso ( <i>Ochroma lagopus</i> ) Guayacán amarillo ( <i>Tabebuia chrysantha</i> ) Guayacán Rosado ( <i>Tabebuia rosea</i> ) Abarco ( <i>Cariniana piriliforme</i> ) Coco ( <i>Achuvrileria sp</i> ) Fremo ( <i>Malayba sp</i> ) Zapatillo ( <i>Macrolobium sp</i> ) Amargo ( <i>Andira sp</i> )

Fuente: Plan de Manejo Ambiental de la Minería del Oro en el Sur de Bolívar - CSB

Figura 7. Vegetación típica de Mina Chelín.



**1.2.1 Fauna.** Dentro del área de integración se observa poca diversidad de fauna, sin embargo, se tienen aves como el gavilán, el loro, cotorra y otras; entre los terrestres se encuentran el tigrillo, venado, armadillo, zorro, serpientes; a estos se añan los mosquitos, escarabajos y los animales para el uso doméstico como es el perro, el gato y las gallinas, en la [Tabla 2.](#) se relaciona las especies existentes en la región.

Tabla 2. Principales Especies de Fauna Asociadas a la Vegetación y Relieve de la Cuenca Hidrográfica La Honda– Parte Alta

Tipo de Paisaje / Relieve	Clase de Fauna	Especies Animales
Montaña	Aves	Gavilán ( <i>Elanus leucurus</i> ) Loro ( <i>Pionositta sp</i> ) Guacamaya ( <i>Ara chloroptera</i> ) Cotorra ( <i>Amazona farinosa</i> ) Golero ( <i>Catharthes aura</i> ) Búho ( <i>Lephostrix cristata</i> ) Lechuza ( <i>Rhinoptyns sp</i> ) Pava congona ( <i>Penelope purpuracens</i> ) Guacharaca ( <i>Ortalia garrula</i> )
	Terrestres	Puma ( <i>Felis concolor</i> ) Tigrillo ( <i>Felis oncar</i> ) Venado ( <i>Masana guasubira</i> ) Armadillo ( <i>Cabassous sp</i> ) Zorro ( <i>Dusicyon thous</i> ) Mono Colorado ( <i>Alovatta senicolus</i> ) Ardita ( <i>Scirius vulgaris</i> ) Puerco Espín ( <i>Hystrix cristala</i> ) Boa ( <i>Boa constrictor</i> ) Oso Hormiguero ( <i>Tamandua mexicana</i> ) Perico ligero ( <i>Choleopus hoffmanni</i> )

Fuente: Plan de Manejo Ambiental de la Minería del Oro en el Sur de Bolívar – CSB

### 1.3 ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

**1.3.1 Población.** Los habitantes del sector de Mina Chelín son inmigrantes provenientes de otras regiones del País, lo cual se refleja en una baja densidad de la población. La zona más poblada y de mayor actividad minera es el caserío de Mina Vieja, con una población aproximada de 300 personas vecino a este sector, es anotar que los mineros realizan sus labores en Mina Chelín y viven con sus familias en Mina Vieja.

Los habitantes del caserío de Mina Vieja se integran en actividades comerciales y deportivas (entretenimiento), de igual manera la mayoría de los pobladores se aglutinan en el centro del caserío y se dispersan en la medida que se alejan del mismo. Disponen de infraestructura comercial y educativa básica (escuela), para todos los pobladores aledaños. En la [Figura 8](#). se observa la agrupación de viviendas que forman el caserío.

Figura 8. Caserío de Mina Vieja



**1.3.2 Infraestructura de Servicios Públicos.** El municipio de Santa Rosa del Sur en el área urbana tiene una cobertura del 90% en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, mientras que en el área rural escasamente solo alcanza un 21% de acueducto y 0% de alcantarillado; para el caso del sector de Mina Chelín no existe ninguno de los servicios antes mencionados. Se realiza la descripción para el Sector de Mina Vieja teniendo en cuenta que los mineros están habitando con sus familias en este sector.

**Acueducto.** El caserío de Mina Vieja no cuenta con los servicios de acueducto. El agua se toma directamente de las fuentes naturales como nacimientos o las quebradas, y se conduce por gravedad hasta los sitios de consumo por medio de canales o canaletas y mangueras para riego. Se consume sin ningún tipo de tratamiento, a pesar de la presencia de los agentes contaminantes que ellos mismos generan, como son los residuos de elementos químicos, tales como mercurio y cianuro utilizados durante el beneficio del oro.

**Alcantarillado.** El caserío de Mina Vieja tampoco disponen de ningún tipo de alcantarillado; las aguas servidas, domésticas y las industriales producidas en el proceso de beneficio, son vertidas directamente a las quebradas San Pedro Frío, sin que se les realice algún tipo de tratamiento que son exigidos para éstos tipos de vertimientos.

**Electrificación.** La producción de energía eléctrica para el caserío de Mina Vieja se hace por medio de plantas Diesel o gasolina, dispuestas en los locales comerciales encargados de la venta de víveres e insumos para los habitantes.

**Aseo.** El asentamiento no cuentan con un sistema de recolección de basuras (residuos sólidos domésticos), ni se hace ningún proceso de separación en la fuente de materiales orgánicos e inorgánicos, excepto en algunos establecimientos comerciales donde se hace reciclaje de latas de bebidas; tampoco se cuenta con un sistema para la disposición final de los mismos.

Los residuos generados en el caserío de Mina Vieja se arrojan a lo largo de los caminos de acceso o en cercanías de los botaderos de estériles existentes en los entables y en los patios de las casas.

**Telefonía.** Dentro del asentamiento se cuenta con un sistema de telefonía celular (*BELLSOUTH*), cuya recepción es aceptable y atendido por la Junta de Acción Comunal de San Pedro Frío las ganancias obtenidas son para el pago de las maestras de la Escuela.

**Infraestructura Vial.** Las vías existentes son caminos de mula y de paso peatonal con altas pendientes y en mal estado lo que hace difícil el tránsito, estos caminos se constituyen en las principales vías de acceso y movilización dentro de la zona de estudio.

**1.3.3. Actividades Económicas.** La minería es la principal actividad económica de los habitantes de esta región en un 70%, la [Figura 9.](#) muestra el ingreso a una fuente de trabajo, y el otro 30% pertenece al sector comercial, de transporte y agropecuario.

La agricultura se desarrollada en su gran mayoría sin ninguna técnica. Los cultivos predominantes son de verduras, plátano, guineo y yuca; la ganadería es básicamente porcina, y avícola.

Figura 9. Trabajos Mineros Subterráneos



Otra actividad que representa ingresos significativos dentro de la actividad económica, es la del transporte ya que toda la carga que entra y sale de éstos asentamientos se mueve a través de mulas y maleteros. También se pueden mencionar los servicios de hospedaje y restaurante entre otras.

**Infraestructura Productiva.** La infraestructura para las actividades mineras y de beneficio se realiza en forma artesanal y sin ninguna técnica, contando el minero con entables o artes de trabajo. Para la explotación del subsistema agrícola no se tiene maquinaria para mejorar los rendimientos de producción, no existe propiedad de la tierra, dado que son terrenos baldíos y cualquier persona puede hacer el desmonte o abrir una boca mina.

**Educación.** Existe una escuela de nivel primario en el caserío de Mina Vieja, la cual suministra educación básica hasta el Quinto año de primaria; posteriormente algunos de los niños salen a Santa Rosa del sur a continuar con la enseñanza básica secundaria y los demás estudiantes se quedan en los asentamientos para trabajar en las minas.

La escuela cuenta con dos (2) maestras para dictar los cursos de Primero a Quinto de primaria, quienes deben recurrir a la ayuda de los padres de familia de la localidad para complementar sus mínimas necesidades económicas, porque el salario que reciben del estado es insuficiente para atender los gastos de sostenimiento y transporte.

**Salud.** Se cuenta con un promotor de salud en el asentamiento de Mina Vieja el cual presta sus servicios y es pagado por el hospital de Santa Rosa del Sur, realizando curaciones menores, atiende a los pacientes en el centro de salud, la dotación es insuficiente para su normal funcionamiento en lo que se refiere a medicamentos e instrumentación.

En los casos en que se presentan accidentes o pacientes con enfermedades graves que requieran atención especializada se conforman grupos con personas de la misma comunidad y se hace el traslado, por medio de una hamaca, la cual es cargada por cuatro personas, hasta La Punta, donde generalmente permanece un vehículo de servicio público las 24 horas.

Sin embargo, las personas de la región recurren a métodos tradicionales y rezos practicados por curanderos.

Se carece totalmente de sistemas de promoción y prevención en salud y solo unas pocas personas están inscritas al sistema de seguridad social en salud – régimen subsidiado (SISBEN).

## **2. EVALUACIÓN AMBIENTAL**

En este capítulo se identifican en forma preliminar los impactos que el proyecto u actividad pueden causar en los diferentes componentes ambientales en la zona de integración minera sin el proyecto, para la determinación de indicadores que permitan la evaluación ambiental.

Posteriormente se identifican y valoran en forma general los impactos ambientales mas significativos que causara la alternativa seleccionada sobre los componentes físico-químicos, biológico y socio-económico en las etapas de montaje, operación y beneficio minero.

Es necesario identificar y predecir el tipo de impacto que se generaría por las actividades programadas durante el montaje, operación y beneficio del proyecto minero, de acuerdo con el diseño y planeamiento de las labores mineras recomendadas. Igualmente se definen los indicadores relacionados con el tipo de impacto para finalmente determinar las medidas correctivas.

### **2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SIN PROYECTO**

En el [Cuadro 1](#). se presenta una matriz de doble entrada donde se hace una identificación preliminar de los impactos, basados en el trabajo de campo y en la información secundaria existente del área. No se hace ninguna valoración numérica porque el objetivo primordial es identificar los impactos potenciales.

Cuadro 1. Matriz para Identificación de Impactos Ambientales Sector Minero de Mina Chelín

ACTIVIDADES / ETAPAS	RECURSOS AFECTADOS								
	Recurso Mineral No Renovable	Paisaje	Suelo	Agua Superficial	Calidad Aire	Ruido	Flora y Fauna	Social	Salud
<b>I. EXTRACCIÓN</b>									
<b>1- Labores</b>									
Arranque	x					x	x	x	x
Perforación	x				x	x	x	x	x
Voladura	x				x	x	x	x	x
Cargue y Transporte			x	x				x	x
<b>2- Servicios a la Mina</b>									
Sostenimiento		x					x	x	x
Ventilación					x			x	x
Desague				x			x	x	x
Iluminación								x	x
<b>II. BENEFICIO</b>									
Trituración						x	x	x	x
Molienda						x	x	x	x
Concentración	x		x	x			x	x	x
Amalgamación	x	x	x	x	x		x	x	x
Cianuración	x	x	x	x	x		x	x	x
<b>III. FUNDICIÓN Y PURIFICACIÓN</b>									

Fuente: Consultor

### 2.1.1. Geológicos.

- **Clases de Amenazas.** Dentro del área de integración minera se identifican los diferentes tipos de riesgos ambientales como resultado de la manifestación de diversas clases de amenazas o fenómenos tales como Geodinámica externa, Antropogénica y Socio – natural.

- **Geodinámica Externa.** Fenómeno que se entiende como el desplazamiento de material de su sitio original sobre o cerca de la superficie terrestre a un lugar donde por pérdida de su energía cinética adquiere un pseudo reposo. Se conoce como movimientos en masa.

Estos tipos de fenómenos se suceden cuando las fuerzas resistentes (cohesión y fricción) son menores a las fuerzas actuantes sobre el terreno

(Gravedad, presión de poro, sobrecarga, debilitamiento), siendo la litología y estructura de las unidades rocosas presentes los factores que inciden, como también la meteorización a la cual son sometidas éstas unidades, la tectónica del área, la cantidad de agua, el relieve y las acciones antropicas.

Los fenómenos de movimientos en masa se dividen en tres clases: la primera de ellas es caída o volcamiento, es un movimiento de baja velocidad, favorecidos por una alta pendiente, la segunda son deslizamientos con una velocidad intermedia y los últimos flujos de altas velocidades. Esta última clase es la que se presenta en el área de estudio, en la [Figura 10](#). se observa un flujo de suelos que se exhibe sobre la ladera del cerro de Chelín generado por la acción conjugada de la gravedad y la sobresaturación de agua presentes en el área, las laderas son en su mayoría empinadas(50 – 75%) y constituidos por materiales bastantes plásticos, éste proceso se agrava con el sobre pastoreo (paso de mulas), generando frecuentes cizallamientos y produciendo pequeños valles que son separados por micro escarpes de alrededor de un metro de altura constituyendo un micro relieve de terracetas.

Figura 10. Zonas de Inestabilidad



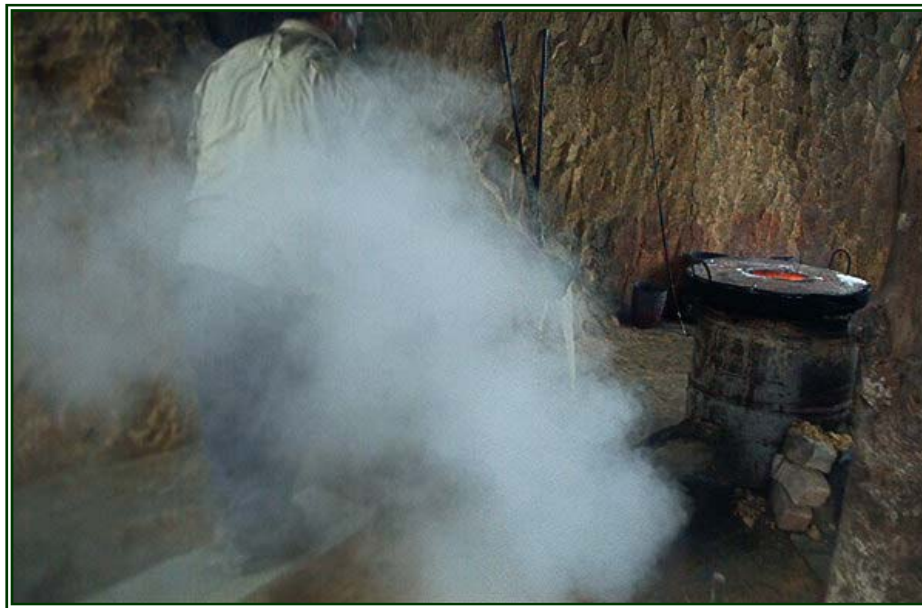
**2.1.2 Agua.** Los cuerpos de agua superficiales del área (ecosistemas acuáticos) posiblemente son los de mayor afectación por los vertimientos indiscriminados de los residuos líquidos provenientes del beneficio del mineral (amalgamación y cianuración).

El cianuro se descompone cuando es expuesto al aire. Sin embargo, una vez que la solución de cianuro contamine el agua puede quedarse allí por largos períodos de tiempo. En la mayoría de los casos, el agua subterránea resulta contaminada cuando la solución de cianuro se filtra por los forros protectores debajo de la plataforma de lixiviación o de las lagunas de almacenamiento.

El mercurio, una vez absorbido por el hombre pasa al torrente sanguíneo y atraviesa fácilmente las membranas celulares y se acumula en el hígado, intestinos, riñones, tejido nervioso y vísceras en general. La exposición crónica al mercurio produce la famosa enfermedad profesional conocida con el nombre de mercurialismo o hidrargirismo.

**2.1.3. Atmósfera.** La calidad del aire se ve afectada por la emisión de gases y vapores, partículas y el ruido, especialmente durante etapa de perforación. Además, en la fundición se emiten gases producto de la combustión de ACPM (aldehídos) o gas propano, vapores de metales pesados tales como mercurio, plomo, zinc, sulfuros descompuestos y otros; en la afinación se emiten algunos vapores de metales, emisión a la atmósfera de gases nitrosos y vapor de ácido nítrico; aunque estos dos procesos se hacen por fuera del sector de Mina Chelín. La [Figura 6.](#) muestra la nube que forman las emisiones descargadas a la atmósfera en la fundición.

Figura 11. Contaminación Atmosférica por las Fundiciones.



El ruido y el polvo generado por la destrucción mecánica de las rocas realizado con la almádana, con el cincel o los explosivos, siendo que la mayor contaminación auditiva se genera en la planta de beneficio, por el funcionamiento de los barriles amalgamadores que generan ruido continuo, producto del arrastre de las bolas de acero sobre las paredes del barril.

#### **2.1.4. Flora y Fauna**

- **Vegetación:** Se ven afectados principalmente los bosques maderables, debido a la tala indiscriminada de árboles, éstos son utilizados para la construcción de viviendas y en la parte minera para la entibación de los túneles y la necesidad de crear zonas de cultivos.

- **Fauna Terrestre:** Otro impacto bien notorio es el causado sobre la fauna terrestre, la cual se ve afectada debido al ruido generado durante los procesos de extracción y beneficio, y aunque estos no son constantes los

niveles de ruidos medidos sobrepasan los límites permitidos en la normatividad respectiva. La fauna acuática es la más afectada, ya que sobre su ecosistema se hacen directamente los vertimientos líquidos con altos contenidos de Hg y Cn, sólidos y otros metales pesados, provenientes del beneficio.

- **Socio – económicos y culturales:** Son los impactos más importantes para este sector, caracterizado por economías marginales y deficiencia en la prestación de servicios básicos. Además, la situación social y orden público en la que se encuentra sumida el país, afecta directamente esta región, la cual se ha distinguido por ser una zona de conflicto desde hace varias décadas.

**2.1.5. Otros Impactos.** En cuanto a la salud ocupacional y seguridad industrial se refiere, encontramos que no están dadas las condiciones debido a las precarias condiciones técnicas existentes en los trabajos de extracción y de beneficio del mineral.

En igual forma existen una serie de efectos ambientales indirectos, pero igualmente graves, como son:

- Producción de basuras y desechos.
- Colonización de lugares remotos lo que origina el establecimiento de asentamientos y el uso incontrolado de la tierra.
- Propagación de enfermedades tropicales.

De acuerdo con lo anterior, en el cual se determinaron los principales impactos ambientales, se tiene que en la actividad minera subterránea se

presentan impactos no tan notorios a simple vista, pero que ameritan implementar medidas correctivas.

## **2.2 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE IMPACTOS DEL PROYECTO MINERO**

A continuación se presenta un resumen de los efectos sobre el medio ambiente, más significativos, en las etapas de construcción y operación, haciendo énfasis en la relación con los estudios ambientales requeridos en cada una de ellas, cuando el potencial impacto ambiental así lo amerite.

En el [cuadro 2](#), se muestra en forma general la identificación de los impactos ambientales usando una matriz de doble entrada en la cual, de manera cualitativa, se cruzan las acciones y operaciones más importantes de la actividad minera contra los elementos característicos y procesos ambientales susceptibles de afectación por dichas actividades. Se establece si las alteraciones son genéricamente importantes o poco importantes.

### **2.2.1 Impactos sobre la Atmósfera**

#### **- Alteración de la calidad del aire**

Con la operación del proyecto de explotación aurífera, muy probablemente se presentará la alteración de la calidad del aire debido a dos causas fundamentales: contaminación temporal por gases, olores y humos y contaminación por partículas sólidas y polvo.

Las principales fuentes de contaminación atmosférica por la causa antes mencionada se presentan debido a la puesta en marcha de las operaciones de reducción de tamaños, disposición de escombreras y en menor medida en

la aplicación de los procesos de amalgamación, cianuración, fundición y afinación del metal. La apertura de los túneles de explotación y el apilonamiento de escombros, generará temporalmente contaminación por partículas sólidas y polvos en suspensión.

La calidad del aire también se ve afectada por la emisión de gases, generados en el proceso de fundición de precipitados de cianuración, producto de la combustión de ACPM (aldehídos) o gas propano, vapores de metales pesados tales como mercurio, plomo, zinc, sulfuros descompuestos y otros. En la afinación se emiten algunos vapores de metales, gases nitrosos y vapor de ácido nítrico; aunque estos dos procesos se hacen por fuera del sector de integración

#### **- Alteración por ruido**

La fuente principal de contaminación por ruido o sónica, es la puesta en funcionamiento de los equipos de reducción de tamaños, como impacto temporal. En la planta de beneficio el funcionamiento de los barriles amalgamadores es lo que generan ruido continuo, producto del arrastre de las bolas de acero sobre las paredes del barril, que podría estar afectando tanto al trabajador, como al entorno (fauna silvestre).

**2.2.2 Impactos sobre Aguas Superficiales.** Eventualmente se producirá algún tipo de impacto relacionado con la alteración de la calidad del agua superficial (quebradas aledañas), debido a la variación en la composición química y física de la misma. Variación del pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, debido al aporte de caudales de aguas ácidas procedentes del túnel principal de explotación que influyen en la composición química del agua superficial. El aporte de pequeñas cantidades de sedimentos provenientes del material

estéril que se obtiene de la construcción de obras subterráneas, variará la composición física del agua superficial.

El emplazamiento de arenas provenientes del proceso de cianuración (colas) igualmente producirá sedimentación y aporte del cianuro remanente en dichas arenas.

**2.2.3 Impactos sobre el Suelo.** Del estudio de los factores edáficos como son el drenaje natural, la pendiente, profundidad, textura, pH y fertilidad, entre otros, se establecen las posibles afectaciones más relevantes producidas por la operación del proyecto de explotación. Es preciso determinar además el uso potencial del suelo para definir si se introducen cambios en este aspecto y su futura aptitud.

Desde el punto de vista del impacto que se generaría con el proyecto de explotación minera, se predice un efecto de destrucción directa del suelo a causa de la alteración en la superficie del mismo, debido a la construcción de algunas obras de adecuación de terrenos necesarios para la construcción de edificaciones y otras obras de infraestructura. Igualmente se producirá alguna alteración del suelo en las reducidas áreas de terreno donde se iniciarán los trabajos subterráneos de explotación.

No obstante lo extenso del área de influencia del proyecto (84 hectáreas), el efecto destructor sobre el suelo, a causa de la entrada en operación del proyecto, será poco significativo si se considera que el área total destinada para las obras de infraestructura e iniciación de túneles no sobrepasará los dos mil metros cuadrados (2.000 m<sup>2</sup>).

**2.2.4 Impactos sobre la Flora y la Fauna.** Se presume que el impacto más notorio generado por la operación del proyecto de explotación será sobre la

flora y la fauna y es la destrucción directa o alteración de hábitat vegetales terrestres indispensables para el desarrollo de la fauna, así como el desplazamiento o concentración de especies animales motivados por la presencia de equipos y de personas. Igualmente pueden generarse cambios en las pautas de comportamiento de la fauna debido a perturbaciones causadas por el tráfico de maquinaria y de personas.

**2.2.5 Impactos sobre el Paisaje.** La mayor alteración que puede producirse en este aspecto, es la relacionada con el impacto visual generado por la perturbación del paisaje a raíz de la pérdida de la cubierta vegetal, en algunos sitios y a la presencia de botaderos de arenas y escombreras (depósitos de material estéril).

Además el paisaje y el suelo están siendo afectados por la ubicación y el eficiente manejo dado a los botaderos de estériles y al material mineral desechado durante los procesos de beneficio, los cuales se ubican en las bocaminas de los túneles de acceso al yacimiento, o sobre la ladera de la montaña sin ningún criterio de diseño técnico. De igual forma, ocasiona desestabilización del mismo debido al alto índice pluviométrico de la zona. En algunas áreas del interior de los túneles se rellenan labores abandonadas con estéril, sin ninguna proyección.

**Riesgos Geofísicos.** Los eventuales desprendimientos y deslizamientos de rocas y sedimentos, debido a la ruptura del equilibrio natural, son factores de riesgo ambiental, generados por la creación de botaderos y relaves. Igualmente pueden suscitar fenómenos erosivos y de inestabilidad por la misma acción antrópica.

Se destaca también que el área geológicamente presenta zonas de inestabilidad debido a las altas pendientes y al alto grado de meteorización

de la roca madre, las cuales podrían determinar restricciones al desarrollo de procesos extractivos, específicamente durante la apertura de vías, en las labores de preparación, desarrollo y las de explotación debido a la detonación de cargas explosivas.

Igualmente se ha deteriorado la superficie del terreno debido a la erosión causada por las labores de los mineros para encontrar el mineral de los suelos, extracciones conocidas como mina corrida, causando deslizamientos de tierra.

**2.2.6 Impactos Socio-económicos.** La explotación del sector de Mina Chelín, una vez desarrolladas las actividades de planeamiento minero, incluido su desarrollo, preparación y explotación minera podrá generar empleos directos e indirectos que reflejaran beneficios en la comunidad.

El desarrollo de otras actividades conexas a la explotación minera, tendrá un impacto socio-económico positivo en la región. El comercio de insumos mineros y de artículos de primera necesidad, así como la prestación de servicios de alimentación, vivienda y de diversión, mejorarán el ingreso económico de los pobladores y por ende su calidad de vida.

Los impactos socio – económicos y culturales son los más importantes para este sector, caracterizado por presentar economías marginales y una deficiente prestación de servicios básicos. Además, la situación social y política en la que se encuentra sumido el país afecta directamente esta región, la cual se ha caracterizado por ser una zona de agudos conflictos sociales desde hace varias décadas.

El aumento de la productividad, por la introducción de mejoras tecnológicas al proceso productivo minero metalúrgico, generará un impacto

socioeconómico positivo a la población laboral activa, desde el punto de vista de la generación de empleo, lo que trae consigo un aumento en el ingreso *per capita* y la consecuente reactivación económica. De otro lado, este último factor se reflejará en el aumento del ingreso municipal por concepto de la liquidación y pago de regalías, recursos que deben ser destinados a la inversión pública.

A los anteriores riesgos ambientales directamente relacionados con la explotación minera, se añaden una serie de efectos ambientales indirectos, pero igualmente graves, como son:

#### **Producción de basuras y desechos.**

Colonización de lugares remotos, lo que origina el establecimiento de asentamientos y el uso incontrolado de la tierra.

#### **Propagación de enfermedades tropicales.**

El beneficio de los minerales constituye el enlace tecnológico entre la extracción o arranque del mineral, para este caso del oro, y su transformación en un material de uso industrial. Las técnicas utilizadas sirven para concentrar el fino (oro) después de separarlo del material estéril que lo contiene.

La relevancia ambiental de las actividades aumenta muchas veces a la par de su envergadura y del grado de dificultad de las distintas fases de procesamiento.

Existen básicamente dos técnicas de beneficio de oro a saber: Amalgamación con Mercurio y Lixiviación con Cianuro.

### **Arranque del material.**

Debido a que el filón presenta una alta resistencia a la rotura, se hace necesario el desprendimiento de dicho material por medio de explosivos, así la forma de arranque será el de perforación.

### **Cargue, descargue y transporte.**

Por razones de mantenimiento y de protección ambiental, el transporte con vagonetas entre el patio de mina y la planta de beneficio evitará las emisiones de ruido y polvo, ya que la velocidad con la que transitan las vagonetas no debe ser mayor a 1.5 m./seg., y los volúmenes a transportar son muy bajos. El tamaño de las aberturas de las tolvas determina la intensidad del ruido emitido por éstas durante las labores de descarga. El uso de esclusas adicionales contribuye a reducir dichas emisiones.

### **Trituración, cribado, molienda y clasificación.**

Todas las etapas de este proceso producen polvo y ruido, que pueden contaminar el puesto de trabajo y el medio ambiente.

No existen valores universales que puedan usarse para calcular la cantidad de polvo producido en una instalación determinada, ya que ésta depende, entre otros factores, de la estructura cristalina y de la composición geológica de los minerales, del grado de trituración y de las características técnicas de la instalación.

Por otro lado, la capacidad natural de asimilación de las plantas se puede ver restringida por la capa de polvo y en casos extremos, causar su muerte. En instalaciones donde se procesan las colas con altos contenido en metales

pesados, son una fuente potencial de contaminación del suelo en los terrenos circundantes, por lo que será necesario determinar el contenido de metales pesados en el mineral portante antes de construir las instalaciones.

### **Separacion - reduccion, amalgamacion y cianuracion.**

El mercurio se emplea como aglutinante en el proceso extractivo del oro. La combinación de Oro-Plata-Mercurio se conoce con el nombre de amalgama y el proceso para llegar a ella recibe el nombre de amalgamación, muy comúnmente utilizado para la extracción de oro libre cuando se carece de otras alternativas metalúrgicas que se basan en el aprovechamiento de las propiedades gravimétricas que posee este metal. Por esta razón se considera imprescindible el uso de mercurio en este proceso.

Las técnicas de lixiviación y amalgamación para separar el oro del material estéril, se hace extrayendo el concentrado gravimétrico en forma de amalgama, haciéndolo reaccionar con mercurio. El concentrado residual, por su parte, se somete a lixiviación, añadiendo para ello una solución de cianuro.

Ambos procesos producen efectos ambientales importantes y difíciles de corregir. Las aguas residuales contaminadas con mercurio generan problemas especiales al ser conducidas directamente al cauce receptor, sin tratamiento previo. Pero aun en caso de retener el mercurio con las nuevas resinas intercambiadoras de iones, no es seguro que se pueda reducir la concentración residual de este metal a niveles aceptables.

Por otra parte, la gran gama de sustancias químicas que se emplean en la lixiviación del oro (cianuros, cal, nitrato de plomo, ácido sulfúrico, sulfato de cinc, etc.), al igual que los procesos de tratamiento, plantean riesgos de

contaminación del aire, el agua y el suelo, por lo que se deben aplicar normas de protección para el transporte y la disposición de las sustancias químicas y reglamentarse el manejo de sustancias químicas con el fin de proteger a los trabajadores.

Los procesos de separación y concentración basados en la lixiviación, la amalgamación constituyen un peligro ambiental particularmente grave, debido a las sustancias químicas empleadas (cianuros, mercurio, etc.). Por lo tanto, estos procesos requieren técnicas complementarias destinadas a retener el mercurio y reducir las emisiones de la lixiviación.

Cuadro 2. Identificación de Impactos Ambientales en Minería de Filón

CONVENCIONES		ELEMENTOS CARACTERISTICOS Y PROCESOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE AFECTACION															
		ATMOSFERA		AGUA		SUELOS		VEGETACION	FAUNA	PAISAJE	PROCESOS GEOFISICOS			PROCESOS SOCIOECONO.			
		CONTAMINACION	RUIDOS	SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	CARACTERISTICAS EDAFICAS	USOS	ESPECIES Y COMUNIDADES	ESPECIES Y POBLACION	MODIFICACIONES MORFOLOGICAS	INUNDACION	EROSION	SEDIMENTACION	INESTABILIDAD	VIBRACIONES	SUBSIDENCIA	GENERACION DE EMPLEO
ACCIONES PRODUCTORAS DE IMPACTOS	PRINCIPALES OPERACIONES DE LA ACTIVIDAD MINERA																
1. INFRAESTRUCTURA (Construcciones)	1.1. Edificaciones	■		■			■	■	■	■							●
	1.2. Vías y accesos	■	■	■			■	■	■	■		■	■	■			●
	1.3. Montaje de equipos	■	■	■			■	■	■	■					■		●
2. OPERACIÓN MINERA	2.1. Arranque		■		■										■		●
	2.2. Cargue y transporte																
	2.3. Disposición de escombreras	■		■			■			■		■	■	■			
3. BENEFICIO DE MINERALES Y METALURGIA	3.1. Reducción de tamaños	■	■	■					■	■					■		●
	3.2. Amalgamación	■		■					■								●
	3.3. Cianuración	■		■					■								●
	3.4. Manejo de Relaves	■		■		■	■	■	■	■		■					●
	3.5. Fundición	■		■													●
	3.6. Afinación	■		■													

Fuente: Adaptado Guías Minero Ambiental (Ministerio de Minas y Ambiente)

### **3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El plan de manejo ambiental - PMA - se define como el conjunto de acciones y actividades ordenadas en el tiempo y preconcebidas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos y efectos negativos del proyecto y potencializar los impactos positivos del mismo.

En el capítulo 1 se definieron las características ambientales del área de influencia del proyecto de explotación minera en condiciones pre-operacionales y de las condiciones naturales de los principales factores ambientales considerados: atmósfera, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, flora, fauna, paisaje y medio socioeconómico, entre otros.

Teniendo esta línea base del área de influencia del proyecto, en condiciones pre-operacionales, se identifican y predicen los efectos ambientales, positivos y negativos y se definen las medidas correctivas tendientes a contrarrestar al máximo, dichos efectos negativos y a potenciar los efectos positivos. De este análisis se obtiene la propuesta de diseño de las obras de mitigación, acompañadas con el respectivo cronograma de actividades y el establecimiento de prioridades.

Igualmente las obras y acciones propuestas en el Plan de Manejo Ambiental, estarán acompañadas de: criterios de diseño, recurso humano necesario, apoyo institucional, equipo y materiales necesarios, entre otros.

Para verificar el cumplimiento del PMA propuesto, será necesario instaurar un plan de Monitoreo y Seguimiento, el cual permite evaluar la magnitud de las alteraciones producidas por los impactos más sobresalientes, mediante el establecimiento de indicadores ambientales. Los aspectos básicos considerados para el plan de seguimiento son: condiciones iniciales, calidad ambiental e impactos ambientales.

Coherente con la formulación del PMA y del Plan de Monitoreo y Seguimiento, también será necesario enunciar un Plan de Contingencia que permita prevenir cualquier riesgo asociado a la actividad, previo el análisis de las circunstancias propias del proyecto. Dicho plan contendrá los siguientes aspectos: medidas de prevención, personal e instituciones participantes, requerimientos de capacitación, características de los sistemas de comunicación, frentes de trabajo, seguimiento y evaluación de incidentes y costos.

### **3.1. CARACTERIZACION DE IMPACTOS AMBIENTALES**

En esta etapa se concretan las relaciones entre la actividad minera y el medio ambiente proporcionando criterios suficientes para determinar de manera cualitativa el grado de afectación del entorno.

Se caracterizan los impactos dando calificativos de tipo antagónico considerando tres dimensiones según: las características de los impactos, el dictamen y la valoración.

### **3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS**

En general, los impactos se consideran benéficos o adversos, directos o indirectos dependiendo si la afectación se produce de manera inmediata en un aspecto ambiental o si afecta un sector general.

Los impactos a su vez pueden ser sinérgicos, en el caso en que el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes sea mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas de manera aislada. Por su parte, el efecto es acumulativo cuando al prolongarse en el tiempo se incrementa progresivamente su gravedad al carecerse de mecanismos de eliminación.

Con relación al tiempo de duración, los impactos se caracterizan por ser permanentes en el caso que supongan una alteración indefinida en el tiempo y por el contrario, son temporales, cuando la alteración permanece en un tiempo que puede estimarse o determinarse.

Con relación al sitio de ocurrencia del impacto este puede ser localizado o extensivo, en el sentido de la palabra.

Se determinan otro tipo de características de los impactos como son la reversibilidad del impacto y la recuperabilidad del medio.

#### **Dictamen**

Hace referencia a la presencia o no de las medidas correctoras, con una probabilidad de ocurrencia representada en alta, media o baja y si afecta o no los recursos protegidos.

## Valoración

Representa la magnitud del impacto que puede ser compatible cuando la recuperación es inmediata y no precisa de medidas correctoras, o moderado; caso en el cual la recuperación no precisa prácticas correctoras intensivas. El impacto es severo cuando exige medidas correctoras en un período mayor de tiempo y crítico, cuando la magnitud es superior a un umbral aceptable, sin posible recuperación, incluso adoptando medidas protectoras o correctoras desde el principio.

En los [cuadros 3. al 6.](#) se presentan con mas detalles la caracterización de los impactos para cada acción que los produce.

Cuadro 3. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón:  
Mina Chelín Acción productora de impactos analizada: Reducción de tamaños.

ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA DE FILON		CARACTERISTICA DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION															
		1	2	3		4	5	6	7	8	9	10			11	12		13										
		BENEFICO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O A CUMULA- CION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	CERCA/FUENTE	LEJOS/FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECT:		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA RECURS PROTE- GIDOS?				IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
						SI	NO											●	▲	A	M	B	SI	NO	COMPATI. Δ	MODERADO □		SEVERO ○
ATMOSFERA	COMPOSICION		X	X		X		X	X		X	X		X		●			X		X	Δ				No		
	RUIDOS		X	X		X		X		X	X	X		X		●					X	Δ				No		
AGUA	SUPERFICIAL		X		X	X		X		X	X	X		X		●			X		X			□		Sí		
	SUBTERRANEA																											
SUELOS	CARACTERIST.																											
	USOS																											
VEGETACION	ESPECIES Y COMUNIDAD																											
FAUNA	ESPECIES Y POBLACION		X	X		X		X		X	X	X		X		●			X		X			□		No		
PROCESOS ECOLOGICOS	CADENAS Y REDES TROFI.																											
PROCESOS GEOFISICOS	INUNDACION																											
	EROSION																											
	SEDIMENTACION																											
	INESTABILIDAD																											
	SISMICIDAD (VIBRACIONES)																											
MORFOLOGÍA Y PAISAJE	CAMBIOS EN EL PAISAJE																											

Fuente: Adaptado Guías Minero Ambiental (Ministerio de Minas y Ambiente)

Cuadro 4. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón: Mina Chelín Acción productora de impactos analizada: Disposición de Escombreras.

ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA DE FILON		CARACTERÍSTICA DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN				VALORACION																
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			11		12			13		
		BENEFICO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	CERCA/FUENTE	LEJOS/FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECT.	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA RECURS. PROTEGIDOS?		MAGNITUD				IMPACTOS SIGNIFICATIVOS		
						SI	NO												A	M	B	SI	NO	COMPATI.	MODERADO	SEVERO	CRITICO			
ATMOSFERA	COMPOSICION	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X						X										No
	RUIDOS																													
AGUA	SUPERFICIAL	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X					X		X									No
	SUBTERRANEA																													
SUELOS	CARACTERIST.																													
	USOS	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X				X		X										Sí
VEGETACION	ESPECIES Y COMUNIDAD	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X				X		X										Sí
FAUNA	ESPECIES Y POBLACION																													
PROCESOS ECOLOGICOS	CADENAS Y REDES TROFI.																													
PROCESOS GEOFISICOS	INUNDACION																													
	EROSION	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X				X		X										Sí
	SEDIMENTACION																													
	INESTABILIDAD	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X				X		X										Sí
	SISMICIDAD (VIBRACIONES)				X																									
MORFOLOGÍA Y PAISAJE	CAMBIOS EN EL PAISAJE	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X				X		X										Sí

Cuadro 5. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón:  
Mina Chelín Acción productora de impactos analizada: Amalgamación.

ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA DE FILÓN		CARACTERÍSTICA DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			11		12			13		
		BENEFICO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULACION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	CERCA/FUENTE	LEJOS/FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECT. SI NO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA RECURSOS PROTEGIDOS?		COMPAT. Δ	MAGNITUD			IMPACTOS SIGNIFICATIVOS		
						A	M												B	SI	NO	MODERADO □	SEVERO ○		CRITICO ●					
ATMOSFERA	COMPOSICION	X	X		X		X		X		X		X		X		●		X			X			Δ			Sí		
	RUIDOS																													
AGUA	SUPERFICIAL	X		X	X		X		X		X	X	X	X			●		X		X			□				Sí		
	SUBTERRANEA																													
SUELOS	CARACTERIST.																													
	USOS																													
VEGETACION	ESPECIES Y COMUNIDAD																													
FAUNA	ESPECIES Y POBLACION	X	X		X		X		X		X	X	X	X			▲		X		X			□				Sí		
PROCESOS ECOLOGICOS	CADENAS Y REDES TROFI.																													
PROCESOS GEOFISICOS	INUNDACION																													
	EROSION																													
	SEDIMENTACION																													
	INESTABILIDAD																													
	SISMICIDAD (VIBRACIONES)																													
MORFOLOGÍA Y PAISAJE	CAMBIOS EN EL PAISAJE																													

Fuente: Adaptado Guías Minero Ambiental (Ministerio de Minas y Ambiente)

Cuadro 6. Caracterización de Impactos Ambientales en Minería de Filón:  
Mina Chelín Acción productor de impactos analizada: Fundición.

ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS Y PROCESOS AMBIENTALES SUCEPTIBLES DE SER AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA DE FILÓN		CARACTERÍSTICA DE LOS IMPACTOS								DICTAMEN			VALORACION																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9			10			11			12			13
		BENEFICO	ADVERSO	DIRECTO	INDIRECTO	SINERGIA O ACUMULA- CION		TEMPORAL	PERMANENTE	LOCALIZADO	EXTENSIVO	CERCA/FUENTE	LEJOS/FUENTE	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	RECUPERABLE	IRRECUPERABLE	MEDIDAS CORRECTIVAS		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			AFECTA RECURSOS PROTE- GIDOS?			MAGNITUD			IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	
						SI	NO											●	▲	A	M	B	SI	NO	COMPATI-	MODERADO	SEVERO	CRITICO		
ATMOSFERA	COMPOSICION	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	▲		X		X	○						No		
	OLORES	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	▲		X		X	Δ						No		
AGUA	SUPERFICIAL																													
	SUBTERRANEA																													
SUELOS	CARACTERIST.																													
	USOS																													
VEGETACION	ESPECIES Y COMUNIDAD																													
FAUNA	ESPECIES Y POBLACION																													
PROCESOS ECOLOGICOS	CADENAS Y REDES TROFI.																													
PROCESOS GEOFISICOS	INUNDACION																													
	EROSION																													
	SEDIMENTACION																													
	INESTABILIDAD																													
	SISMICIDAD (VIBRACIONES)																													
MORFOLOGÍA Y PAISAJE	SUBSIDENCIA																													
	CAMBIOS EN EL PAISAJE																													

Fuente: Adaptado Guías Minero Ambiental (Ministerio de Minas y Ambiente)

### 3.3. MEDIDAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Las medidas y acciones correctivas se basan en el control de los niveles de contaminación de los diferentes factores ambientales, para lo cual es necesario actuar: sobre la fuente generadora del impacto, sobre el medio en el cual se propaga el efecto contaminante y sobre el factor receptor de dicha contaminación, en la medida de las posibilidades.

### **3.3.1 Medidas Correctivas para las Alteraciones de la Atmósfera**

#### **- Control de Material Particulado en Relaves (colas de cianuración).**

El emplazamiento de pilas de arenas procedentes del proceso de cianuración genera un riesgo potencial de contaminación atmosférica por material particulado puesto en suspensión por acción eólica. La acción preventiva para este efecto negativo es el riego de las pilas de arena, en caso de extrema necesidad o en su defecto, debe cubrirse la superficie de la pila con material plástico.

En las operaciones y procesos metalúrgico – extractivos eficientes, las colas se consideran material estéril desde el punto de vista de su contenido de valores metálicos, razón por la cual las mismas deben ser descartadas del proceso productivo y su manejo se dificulta en ocasiones, por falta de espacios para su almacenamiento. En estos casos y bajo ciertas condiciones tecnológicas, dichas arenas convertidas en pulpa, pueden ser utilizadas para llenar los espacios vacíos de la explotación minera utilizando el sistema de relleno hidráulico. No obstante y para el caso que nos ocupa, dadas las bajas recuperaciones metalúrgicas del proceso de cianuración del sector de Mina Chelín, los relaves de cianuración aún conservan tenores apreciables de oro y plata lo que las pueden convertir en reservas minerales marginales que deben ser conservadas. En este último caso, se recomienda dar a estos relaves el manejo in situ ya mencionado.

#### **- Control de Material Particulado y Ruido Generado por Operaciones de Reducción de Tamaños.**

El control del material particulado generado por operaciones de reducción de tamaños puede hacerse actuando bien sea sobre la fuente generadora de

polvo (máquina) o sobre el receptor (operario). El control sobre la fuente se hace mediante la implementación de reducción de tamaños por vía húmeda, en tanto que el receptor del polvo generado debe usar máscaras antipolvo en caso que el problema de contaminación sea grave.

Para reducir al mínimo la contaminación con polvo, las máquinas deben dotarse de un revestimiento adecuado. donde esto no sea posible por razones técnicas, el aire de salida deberá conducirse a un separador de polvo. la selección del dispositivo filtrante más adecuado se hace en función de la composición y de la distribución granulométrica de las partículas emitidas.

Por lo general, se utilizan ciclones para las partículas gruesas y tejidos filtrante para las partículas finas. con ello se reduce la concentración de polvo en el aire depurado a menos de 10 ug./m<sup>3</sup>. en los ámbitos de trabajo con altas emisiones de polvo, debe prescribirse el uso de máscaras protectoras para los operarios; además, las instalaciones deben ser operadas según un reglamento escrito en el que se detallen todas las actividades de inspección, mantenimiento y reparación requeridas para el buen funcionamiento de las mismas.

En los puestos de trabajo con emisiones de polvo es importante ofrecer servicios de medicina preventiva para los trabajadores.

Las operaciones de reducción de tamaños que se llevan a cabo en el sector de Mina Chelín se caracterizan por ser poco generadoras de detritos dada la consistencia de los minerales tratados, su alto grado de humedad y lo intermitente de dicha operación, razón por la cual se recomienda simplemente dotar al personal operario de máquinas de reducción de

tamaños de mascarillas sencillas de tela, para ser usadas cuando la producción de polvo sea apreciable.

De la misma manera cuando el ruido supere los niveles permisibles según las normas establecidas, será necesario el uso obligatorio de protección auditiva para el operario de las máquinas de reducción de tamaños.

#### **- Control de Vapores de Mercurio en los Procesos de Amalgamación y Quemado de Amalgamas.**

La forma más común y efectiva para controlar los efectos nocivos del mercurio sobre la vida animal, es evitar su contacto con los seres vivos, controlando su uso y llevando de manera limpia el proceso de amalgamación, lo que se logra haciendo uso racional del mercurio y evitando a toda costa la generación de vapores de este metal. En la práctica, se debe asegurar que la remolienda del mineral con adición de mercurio, se lleve a efecto con la dosis de mercurio apropiada (un gramo de mercurio por gramo de oro a recuperar) y en sistemas de molienda estrictamente herméticos.

En el proceso de quema de amalgamas debe evitarse la generación de vapores de mercurio llevando dicho proceso en un hogar también hermético y condensando los vapores de mercurio mediante el uso de las conocidas retortas.

#### **- Control de Gases Nocivos Generados en el Procesos de Fundición y Afinación.**

El control de gases nocivos generados en los procesos de fundición de precipitados de cianuración y de afinación de oro, se basa fundamentalmente en el control de dichos gases procurando su completa captación mediante el

uso de hogares cerrados y métodos de extracción por succión de gases y conducción de los mismos a tanques con soluciones alcalinas (baño alcalino). Esta medida aplica para el sector de San Pedro Frío donde se encuentran localizados tres talleres de fundición.

### **- Medidas Correctivas para Alteraciones del Agua Superficial**

#### **- Control de Sedimentos Provenientes de Escombreras**

Si bien es cierto que las escombreras aportan muy poco desde el punto de vista del material particulado posible de ser puesto en suspensión en la atmósfera, dicho material es mucho más susceptible de ser transportado a los cuerpos y corrientes de agua por efecto de la escorrentía, hecho que amerita un control mas especial a la sedimentación que puede producir la presencia de escombreras en sitios cercanos a las corrientes de agua.

La primera medida preventiva debe considerar la localización de las escombreras, para lo cual se recomienda emplazarlas en lugares lejanos a las corrientes importantes de agua a fin de tener la posibilidad de controlar el transporte de sedimentos en el trayecto del sitio de la escombrera a la corriente o cuerpo de agua, mediante la adecuación de tanques de sedimentación, solo si la concentración de sólidos suspendidos y totales, se encuentran por encima de los límites permisibles.

Como se observó anteriormente, el control definitivo al problema de la puesta en suspensión de material particulado, presente en las escombreras por efecto de la acción eólica, al igual que el control a la sedimentación de dicho material por segregación del mismo a través de la columna de escombros, ya que se debe dar mediante la revegetación de la superficie de la escombrera, cuando esta quede finalmente conformada.

### **- Control al Aporte de Sedimentos Provenientes de las Operaciones de Reducción de Tamaños.**

No es muy significativo el aporte de sedimentos provenientes de las operaciones de reducción de tamaños que afecten las corrientes y cuerpos de agua cercanos a la explotación minera. Se recomienda que el sitio donde se encuentran ubicados los equipos de reducción y tamaños, sobre todo los destinados a la molienda húmeda, se encuentren provistos de canales perimetrales que permitan conducir las aguas cargadas de sedimentos a pequeños tanques de los cuales se puedan remover de manera manual y periódicamente, los sedimentos una vez se hallan decantado, para evitar su colmatación.

### **- Control al Aporte de Mercurio Proveniente del Proceso de Amalgamación**

El mercurio remanente en la operación de lavado de arenas, del proceso de amalgamación, puede recuperarse mediante el uso de trampas de mercurio a fin de evitar que este metal se conduzca a las corrientes y cuerpos de agua, por los procesos de sedimentación.

### **- Control al Aporte de Cianuro Proveniente del Proceso de Lixiviación de Oro**

El proceso de cianuración en el sector de Mina Chelín se lleva a efecto por precolación en albercas construidas en madera y recubiertas con material plástico de color negro. Como quiera que todo proceso de este tipo requiere una máxima impermeabilidad del depósito en el cual se lleva acabo, dicha impermeabilidad no logra en las circunstancias de lugar en las que actualmente se realiza la lixiviación del oro en esta y en las demás minas del

Sur de Bolívar. Existirá entonces el riesgo de permeabilidad de las albercas con respecto a la solución de cianuro que contiene, aunque no de las arenas, hecho que se constituye en una fuente potencial de contaminación de las aguas cercanas al sitio de cianuración.

De igual manera, podrá existir el riesgo de derrame del cianuro contenido en los tanques de solución pobre y en las cajas de precipitación, construidos ambos depósitos en los mismos materiales que las albercas de cianuración. Por esta razón, será necesario vigilar periódicamente todos los recipientes útiles para el proceso de cianuración en relación con su estado de impermeabilidad y corregir las eventuales fugas de solución de cianuro.

En la práctica, la solución de cianuro de los procesos de lixiviación de metales preciosos puede y debe ser recirculada y en muy escasas ocasiones descartada. El agotamiento esta solución por efecto de la reacción del cianuro con los metales preciosos contenidos en las arenas, se corrige con la adición de mas cianuro sólido hasta alcanzar los niveles de concentración necesarios para que dicha reacción química sea viable desde el punto de vista Estequiométrico. Por esta razón, nunca debe producirse un derrame voluntario de soluciones de cianuro para ser remplazada por soluciones nuevas, salvo en el caso que existan en las arenas minerales cianicidas, que contribuyen a la disolución de otros metales no deseados que vuelven pesada y poco efectiva la solución desde el punto de vista químico. El descarte de estas soluciones puede darse cada seis meses de su utilización, previo la neutralización de su acción tóxica mediante la utilización de compuestos clorados.

### **- Control al Aporte de Sedimentos Provenientes de los Relaves**

La acumulación de arenas ya tratadas por el proceso de cianuración puede generar el transporte de sedimentos a las corrientes y cuerpos de agua por efectos de la escorrentía. Como medida complementaria al control que debe darse a estas pilas de arena, para manejar el problema de contaminación atmosférica, se recomienda la construcción de barreras de contención sobre la base de dichas pilas. Tales barreras se conforman en sacos de fibra preferiblemente sintética, cargados con la misma arena de los relaves. La "pared" de contención puede elevarse secuencialmente agregando más sacos llenos de arena, hasta tanto lo permita la presión de empuje del depósito de colas y el grado de equilibrio de dicha pared.

### **3.3.3 Medidas Correctivas sobre las Alteraciones del Suelo**

#### **- Control a las Modificaciones del Suelo por Disposición de Escombreras**

La disposición de escombreras influirá inevitablemente sobre el uso y características edáficas de área del suelo donde éstas se encuentran emplazadas, dado que se trata de una ocupación permanente de suelo, no temporal y que se produce segregación de líquidos pesados a través de la columna de rocas que conforman la escombrera, por disolución de sales metálicas.

El suelo que sustenta la escombrera quedará sepultado y no podrá volverse a utilizar para otros propósitos diferentes al del almacenamiento definitivo de materiales estériles, por lo que se requiere implementar medidas ambientales de compensación mediante el acondicionamiento y vegetación de la superficie de la escombrera.

Las modificaciones introducidas al uso del suelo no producirán cambios notorios en la vegetación y la fauna dado que el sitio de su emplazamiento no presenta un inventario de especies relevante.

#### **- Control a las Modificaciones del Suelo por Disposición de Relaves**

La colocación de los relaves produce sobre el suelo el mismo efecto que las escombreras, solo que las medidas ambientales de compensación para dicho caso señaladas, son en ocasiones difíciles de poner en práctica por dos razones fundamentales: los valores metálicos contenidos en los relaves dados los bajos porcentajes de extracción del proceso de cianuración, pueden convertirlos en un depósito mineral marginal que posteriormente pueden ser explotado reprocesando dichas colas mediante la aplicación de otras operaciones y procesos más simples, caso en el cual es necesario evaluar su riqueza antes de sepultarla. De otro lado, el proceso de vegetación de las arenas se dificulta por la esterilidad de las arenas y por su baja capacidad de asimilación de nutrientes y compuestos orgánicos, necesarios para la sustentación de especies vegetales.

#### **3.3.4 Medidas Correctivas para la Protección de la Fauna**

##### **- Control a las Alteraciones sobre la Fauna**

El cambio en las pautas de comportamiento de la fauna debido a las perturbaciones que produce el ruido generado en las operaciones de arranque (detonaciones) y de reducción de tamaños (trituration y molienda) es imposible predecirlo y mucho menos controlarlo mediante la aplicación de métodos de control ambiental conocidos. Sin embargo, el largo periodo de permanencia de la actividad minero-extractiva localizada en el sector de

Mina Chelín y lo intermitente de las operaciones de arranque y reducción de tamaños, no inducen nuevos impactos a los ya existentes, sobre el componente de la fauna.

### **- Control a las Alteraciones sobre la Fauna Producidas por los Procesos de Amalgamación y Cianuración**

El cianuro es un veneno para cualquier organismo vivo. Causa la muerte casi inmediata, debido a que actúa como bloqueador de la respiración celular. Sin embargo, esto depende en gran medida de los niveles de contaminación: El daño se produce inicialmente en el cerebro, causando desde la pérdida del conocimiento hasta una muerte instantánea.

En el ambiente natural, el cianuro descompuesto es inocuo en la mayoría de los casos: se descompone al estar expuesto a la luz del sol o a condiciones de pH neutral. Sin embargo, hay evidencias sustanciales de que el cianuro persiste en las aguas freáticas, en las colas o en las pilas de lixiviación abandonadas, particularmente donde se mantienen las condiciones alcalinas. Para prevenir de una manera segura los daños ambientales que pueda causar el cianuro proveniente de la planta de cianuración se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Controlar en la medida de las posibilidades la incidencia de las precipitaciones (lluvias) sobre los sistemas de almacenamiento de soluciones de cianuro para evitar el desborde de la solución de lixiviación hacia los ríos y las aguas subterráneas.

Implementar un control de las aguas superficiales para desviar, permanentemente, las corrientes de agua y los efluentes alrededor del área minera para prevenir que los sedimentos lleguen a los ríos.

Implementar un sistema de monitoreo de escapes por debajo de las albercas de lixiviación y en el sistema entero de tuberías. Se debe exigir un forro sintético doble sobre el tendido de madera.

Implementar sistemas de protección de la vida silvestre, incluyendo medidas absolutas de prevención física de cualquier acceso de vida silvestre a las albercas de solución de cianuro o a las de colas (desechos), donde las concentraciones excedan la norma estatal de calidad de agua.

Implementar medidas para prevenir el drenaje ácido y la lixiviación de metales tóxicos de los relaves lixiviados. Puede que esto requiera controles de escorrentía, el tratamiento de los lixiviados de los desechos, o el aislamiento de los desechos con capas impermeables de arcilla.

Por último, en caso de una ingesta involuntaria de una solución de cianuro, se recomienda proporcionar suficiente leche para beber la persona afectada.

El mercurio o "azogue" utilizado sin ninguna protección puede llegar a ocasionar graves daños a la salud de las personas. Los vapores de mercurio producidos durante la "quema" de la amalgama son absorbidos por los pulmones del operador, en un 80%, se oxidan rápidamente a  $Hg^{++}$  y son transportados por la sangre a través de todo el organismo. Esta forma de mercurio atraviesa las membranas celulares y se acumula en el hígado, intestinos, riñones y tejido nervioso. Otra parte es eliminado después de dos meses en la orina, el cabello y las uñas.

El mercurio permanece en la cadena alimenticia, puede ingresar también al organismo mediante la ingesta de alimentos (vegetales y animales) contaminados con este elemento tóxico.

La única medida preventiva para controlar la contaminación con mercurio es evitar a toda costa que la fauna silvestre y las personas entren en contacto con este peligroso metal. Para lograr este propósito, se debe evitar el vertimiento de residuos sólidos, con contenidos de mercurio, a los hábitat de flora y fauna, llevando el proceso de amalgamación en recintos herméticos, la quema de amalgamas en *retortas* y usando trampas de mercurio durante la operación de lavado de arenas resultantes del proceso de amalgamación.

### **3.3.5 Medidas Correctivas sobre el Paisaje**

#### **- Control a las Alteraciones sobre el Paisaje por la Localización de Escombreras y Relaves**

Las modificaciones fisiográficas del relieve ocasionadas por la creación de escombreras y pilas de relaves, alteran sustancialmente el paisaje considerado este como la expresión física de los ecosistemas del entorno inmediato a las explotaciones mineras - dados los contrastes visuales de los colores naturales propios de los bosques primarios de la región, con los “parches” de materiales pétreos y arenas resultantes de proceso minero extractivo, ya que como se sabe, la introducción de una nueva forma de relieve, de por sí, rompe la armonía paisajística del entorno.

De manera alternativa, pero a la vez complementaria, se utilizará como medida para el manejo del impacto visual, la técnica de ocultación y apantallamiento, que consiste básicamente en la instalación de pantallas visuales que minimizan la percepción de la zona ocular, tales como cordones de vegetación, depósitos de estériles dispuestos de tal forma que armonicen con el paisaje general, o mediante una combinación de los dos anteriores. Se trata de crear formas del relieve o barreras con vegetación. Dentro del plan de restauración deberá preverse desde las fases tempranas de la operación,

la formación de escombreras o de pilas de suelo, en sitios estratégicos, las cuales compatibilicen los criterios de espacio y economía para la operación, con los de utilización de los mismos para el proceso de restauración del paisaje.

Por último, se han establecido algunas premisas basadas en ciertos principios ópticos, a través de las cuales se puede lograr una disminución del impacto visual para dar un manejo paisajístico mas eficiente a las escombreras: A continuación se señalan algunas de ellas:

En la construcción y modelado de los depósitos de estériles debe intentarse reproducir las formas naturales de las estructuras geológicas para alcanzar una mayor integración paisajística.

En razón a que el ojo humano percibe más las dimensiones verticales que las horizontales, es aconsejable darle a las escombreras una forma alargada y de poca altura, en lugar de que sea corta y alta.

La distribución del material sobre una ladera en pendiente hace que en la parte más alejada del observador se aprecie una menor masa aparente.

La altura de la escombrera no deberá sobrepasar la altura promedio del relieve del entorno para que así no se destaque en la línea del horizonte.

Las líneas curvas sobre superficies suaves producen una intrusión visual menor que las líneas y cortes rectos sobre superficies planas, que no hacen sino acentuar formas y volúmenes.

Las litologías con colores fuertes y llamativos intensifican y agravan las sensaciones ópticas de los observadores, al contrastar con el colorido suave y vistosidad natural de suelos y vegetación.

### **3.3.6 Medidas Correctivas sobre Procesos Geofísicos**

#### **- Control de Riesgos Asociados a la Erosión e Inestabilidad Generados por la Disposición de Escombreras**

La configuración final del terreno debe conciliar criterios de carácter geológico, topográfico, geotécnico, estético y económico, para lo cual será necesario buscar un equilibrio que permita que la operación minera y la restauración sean compatibles desde el punto de vista económico, que el paisaje final sea coherente con las condiciones físico-ambientales dominantes, con el fin de que el relieve final resulte estructuralmente estable y que minimice los riesgos de deslizamiento o colapso de los taludes y facilite el restablecimiento del drenaje natural del agua superficial. Esta premisa, se acoge para el manejo de las escombreras con miras al control de los riesgos geofísicos que su establecimiento pueda acarrear.

### **3.3.7 Manejo Preventivo de Insumos**

Es necesario tener especial cuidado en el manejo de ciertos insumos que incidentalmente puedan ofrecer un riesgo de alteración de las condiciones ambientales, e la infraestructura y las personas.

Como insumo de cierta peligrosidad en su manejo se encuentran: explosivos, combustibles y grasas.

#### **- Manejo de Explosivos**

En las labores de arranque de minerales y roca, será necesario la aplicación de trabajos de perforación y voladura. La sustancia explosiva utilizada en la labor de voladura será la conocida con la marca comercial Indugel Plus ,

producida y distribuida por la Industria Militar Colombiana (INDUMIL). El consumo de Indugel Plus para efectos de producir una voladura eficiente, no sobrepasará los 0.5 Kilogramos de explosivo por tonelada de roca arrancada.

El consumo mensual de Indugel Plus es administrado directamente por el Base del Ejército Nacional establecida en el municipio de Santa Rosa del Sur, centro urbano más próximo al sitio de iniciación del proyecto. La adquisición del material explosivo necesario para la construcción de los túneles proyectados se hará a través de la Quinta Brigada del Ejército Nacional ubicada en la ciudad de Bucaramanga.

No será necesario entonces construir polvorines y garitas, en el sitio de operación del proyecto dados los bajos consumos de material explosivo. Para el manejo de sustancias explosivas, cordón detonante, mecha de seguridad y estopines, se seguirán las normas de seguridad pertinentes.

#### **- Manejo de Combustibles y Grasas**

La mayoría de los motores que moverán las máquinas, fundamentales para la operación del proyecto, funcionarán con motores de combustión interna a base de Aceite Combustible para Motores (A.C.P.M.). Dicho combustible se almacenará en un lugar seguro, en dos tambores de 55 galones de capacidad cada uno. El consumo de A.C.P.M. diario será de aproximadamente 5 galones.

El uso de grasas y aceites será limitado a la exigencia del funcionamiento de la maquinaria antes mencionada. Dichos insumos no son considerados de alto consumo para el proyecto minero.

Sin embargo, se emplearán graseras y recipientes seguros para el transporte, almacenamiento y manipulación de combustibles, aceites y grasas.

De ser necesario, se instalarán trampas de grasas y los residuos de aceites y lubricantes se retendrán en recipientes herméticos dispuestos en sitios adecuados de almacenamiento para su posterior manejo.

Se adoptará por norma la de evitar el más mínimo derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes a ríos, quebradas, arroyos o al suelo.

## **4. PLAN DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL**

### **4.1. OBJETIVOS DEL PLAN DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL**

El Plan de Monitoreo, Seguimiento y Control tiene como objetivo fundamental el de establecer la metodología y las pautas necesarias para determinar las variaciones en las condiciones ambientales del área de estudio, prever los cambios extraordinarios que se produzcan con respecto al nivel estándar de los factores ambientales considerados y detectar cambios anormales de dichas condiciones, mediante la toma sistemática de información de campo.

Se definen como pautas fundamentales las siguientes:

Las características de calidad inicial de los componentes ambientales considerados y los estándares a alcanzar. Se estudian en este punto todas las variables que puedan ser cuantificadas y que identifican la condición normal de dichos factores ambientales

La metodología para la toma de mediciones de dichas variables, las herramientas de apoyo al trabajo de campo y la forma de valoración, evaluación y análisis de los resultados.

La periodicidad o frecuencia en la toma de mediciones. Se pretende instituir la obtención sistemática de muestras que permita detectar a tiempo, la ocurrencia de fenómenos adversos.

Los sitios de muestreo, mediante el establecimiento de estaciones puntuales ubicadas estratégicamente con respecto a los sitios de mayor vulnerabilidad en cuanto a su afectación y desequilibrio.

## **4.2. DEFINICION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE CONTROL**

Por cada factor ambiental se definen las más importantes variables que deben ser controladas en términos de la conservación de las condiciones iniciales y de la calidad ambiental. También se definirá el nivel de impacto que se generará sobre dichos componentes ambientales.

### **4.2.1 Seguimiento y Control sobre las Condiciones Atmosféricas.**

Igualmente, se considera como indicador de las condiciones de la atmósfera, el nivel de ruido que se introduzca con la puesta en funcionamiento de las máquinas y equipos necesarios para la operación del proyecto

De otro lado, se establecen las principales fuentes de emisión de dichos contaminantes atmosféricos, sus niveles máximos permisibles, las medidas más adecuadas de protección y el sitio de aplicación de los respectivos controles o medidas correctivas. En este último aspecto se consideran tres puntos como los más apropiados para el control de emisión de contaminantes atmosféricos: directamente el sitio de emisión o fuente, el medio a través del cual se propaga la contaminación y el medio receptor (normalmente personas, animales y especies vegetales).

Los sitios de emisión de contaminantes atmosféricos, pueden catalogarse como Fuentes Fijas Puntuales y los niveles de contaminación clasifican dentro del rango de Nivel Normal o Nivel 1 de acuerdo con las normas establecidas por la autoridad ambiental de Colombia.

De acuerdo con lo anterior, se observa que el tipo de contaminación generada en la atmósfera por la operación del proyecto es Primaria.

Se considera además que los parámetros de calidad del medio, dadas las condiciones absolutamente naturales del área en la cual se desarrollará el proyecto, son óptimos. La composición de la atmósfera debe corresponder a la del aire puro (20% O<sub>2</sub>, 77% N aproximadamente), libre de interacciones antrópicas.

Para establecer los criterios de comparación de la variación de las condiciones iniciales de la atmósfera, se tiene en cuenta como estándares de calidad ambiental de la atmósfera, las concentraciones máximas permisibles de contaminantes atmosféricos establecidas por la autoridad ambiental.

**4.2.2 Seguimiento y Control sobre las Condiciones de las Aguas Superficiales y Subterráneas.** Se establecen como indicadores de modificación de las condiciones naturales de las aguas superficiales y subterráneas, las variaciones significativas en los niveles de pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, sólidos en suspensión, sedimentos, sólidos gruesos, temperatura y color, entre otros.

La variación de dichos componentes del agua se determinará mediante la realización de análisis físicos, químicos y eventualmente biológicos de las aguas superficiales (principales fuentes de agua afectadas) y subterráneas. Se compararán los resultados obtenidos con los estándares de calidad aceptados como patrón por la legislación ambiental vigente.

#### **4.2.3 Seguimiento y Control sobre las Condiciones Naturales del Suelo.**

La destrucción directa del suelo, medida en relación con el área total destinada al proyecto, los posibles cambios de uso del suelo y ocasionalmente la variación en la calidad del mismo serán los indicadores mas importantes en la determinación de su grado de afectación.

En ningún caso se realizará una modificación radical del suelo, por lo que se presume, es relativamente sencillo ejercer el control sobre los impactos que puedan generarse.

#### **4.2.4 Seguimiento y Control a la Protección de la Flora y la Fauna.**

El propósito fundamental de las acciones de control orientadas a la protección de la flora y la fauna es el de conservar los recursos forestales y las micro cuencas hidrográficas existentes en el área del proyecto de explotación minera. En este sentido, es necesario establecer un estricto control sobre las actividades de caza y pesca con el objeto de preservar al máximo las especies autóctonas.

### **4.3 METODOLOGIA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL**

Se establecerá una metodología para la verificación de las condiciones ambientales iniciales y la variación de las mismas debidas a los impactos generados por el proyecto de mina chelín sobre los factores ambientales considerados.

Dicha metodología se basa fundamentalmente en la observación directa de los fenómenos, la toma de mediciones y la comparación de los resultados obtenidos con los valores estándares de las condiciones ambientales deseadas.

En caso de absoluta necesidad, se realizarán mediciones directas o se hará la toma de muestras, para su posterior análisis de laboratorio.

La valoración en la calidad de los componentes ambientales y los impactos generados por la operación del proyecto se obtendrá de la comparación de la información adquirida en el campo, de acuerdo con la variación de las condiciones ambientales iniciales.

## **5. PLAN DE CONTINGENCIAS**

El Plan de Contingencia tiene como propósito fundamental el de prever cualquier riesgo que se genere en desarrollo del proyecto de mina chelín. Este plan debe cubrir todos los eventos imprevisibles que puedan suscitarse.

Las mayores eventualidades de ocurrencia de incidentes, pueden provenir de las labores de avance de los túneles de exploratorio ya que el trabajo bajo tierra siempre genera algún tipo riesgo. Son frecuentes en estas labores los accidentes de trabajo debidos a caídas de rocas, contactos inesperados y violentos con maquinaria y equipo, derrumbes de techo e intoxicación por inhalación de gases.

### **5.1. OBJETIVOS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS**

Prevenir la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos de materiales del subsuelo debido al rompimiento de su equilibrio, dada la introducción de practicas de arranque de mineral y de almacenamiento temporal de materiales pétreos (escombreras)

Prevenir la inducción factores iniciadores de materiales explosivos para evitar la acción súbita y no controlada de explosiones.

Disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes graves con maquinaria y equipo minero, que produzca daños sobre las personas y el deterioro o pérdida de dichos equipos.

## **5.2. DESCRIPCION DE LAS CONTINGENCIAS**

**5.2.1 Desprendimiento de Rocas y Materiales Pétreos.** La construcción de túneles de explotación y el emplazamiento de escombreras, sin el uso de las especificaciones y parámetros de orden técnico, pueden generar efectos acumulativos en relación con la carga que la roca normalmente puede soportar, con el consiguiente rompimiento de su equilibrio dinámico, lo que puede producir el desprendimiento anormal de la misma. Igualmente la creación de pilas de materiales con pendientes que superan el ángulo de reposo de los fragmentos de roca acumulados, es otro de los factores de inestabilidad que puede producir este tipo de fenómenos.

El control de estas eventualidades se realiza desde las actividades propias del diseño de las obras, durante la extracción de los materiales y en el mantenimiento de las mismas, mediante la conservación de los parámetros de diseño: altura y pendiente de taludes, ángulos de reposo de la roca y canales de drenaje. Durante la extracción de la roca, es necesario evitar sobre-excavaciones por el uso excesivo de material explosivo y de maquinaria.

En caso de una eventualidad en este sentido, el plan de acción inmediata a seguir consiste en la remoción de los escombros y la adecuación de los planos.

La señalización y demarcación de los lugares de alto riesgo de accidentes será una medida a implementar y que obedece a la aplicación de las normas de seguridad industrial.

**5.2.2 Explosiones no Controladas.** Las explosiones no controladas por efectos de las voladuras incompletas de roca o por el mal uso de materiales

explosivos, son efectos frecuentes mas no justificados, cuando se realizan operaciones de extracción de materiales utilizando dichos medios de arranque.

Los frentes de explotación y los sitios de almacenamiento de material explosivo son las áreas de mas alto riesgo de ser afectadas. No obstante, dadas las condiciones de orden público que imperan en la región, no se recomienda la manipulación y el mantenimiento de existencias de material explosivo en el sitio de mina.

El control de voladuras se lleva a efecto desde el tacado del material explosivo e instalación de la mecha lenta, revisando que los mismos sean de buena calidad y no se encuentren interrumpidos. Antes de realizada la voladura, es necesario evitar que se produzcan corrientes eléctricas fugitivas que ocasionen la iniciación prematura del explosivo. Luego de realizada la misma, se debe revisar que no permanezcan barrenos sin quemar.

El entrenamiento y capacitación del personal encargado de las operaciones de voladura, serán prioritarios en el desarrollo de la actividad minera.

**5.2.3 Accidentes con Maquinaria y Equipo.** Los sitios en los cuales puede suceder este tipo de incidentes son: Los frentes de explotación, las vías de acceso a dichos frentes, las vías de acceso a la mina chelín y los sitios de almacenamiento temporal de materiales. El mantenimiento preventivo de equipos y maquinaria y la capacitación de operarios en el uso de los mismos, será condición fundamental para desarrollo de estas actividades.

## **6. DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN Y CORRECCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

Para disminuir y enmendar los efectos negativos que se generen sobre los factores ambientales descritos en el numeral del plan de manejo ambiental y enunciados en la Cuadro 2. del presente documento, será necesario acometer una serie de obras físicas que se orientarán específicamente a la protección de los más importantes recursos del medio natural.

Se considerará de carácter prioritario la construcción y mantenimiento de:

- Un vivero indispensable para la provisión de especies vegetales que se emplearan en los planes de reforestación y revegetación de terrenos.
- Tanques o desarenadores que servirán para evitar la llegada de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos al área de exploración minera.
- Diseño de escombrera, con el propósito de mantener el equilibrio dinámico de las pilas del material estéril que provienen de la construcción de los túneles de explotación de la mina chelín.

Dichas obras descritas en el presente informe se acompañaran de sus correspondientes criterios de diseño, planos de obras típicas, recurso humano, apoyo institucional y relación de equipos y materiales empleados.

## **6.1. VIVERO**

**6.1.1. Criterios para el Diseño.** Durante la etapa de explotación de la mina chelín se dispondrá de un vivero de carácter temporal, teniendo en cuenta aspectos importantes como su ubicación, tipo de suelo, aporte de aguas, y la protección del sitio contra la acción de vientos.

El terreno donde se ubicará el vivero será de topografía plana, con pendiente máxima del 5%. El suelo donde se soportará el vivero, será de características arenosas, de buen drenaje y cercano al acceso principal del área con el fin de facilitar la provisión de material vegetal y demás insumos requeridos para su funcionamiento.

## **6.2 BOTADERO DE ESTERILES**

El objetivo primordial del establecimiento de un botadero de estériles (o escombrera) es el de almacenar dichos materiales en condiciones adecuadas de estabilidad y en sitios seguros que no pongan en peligro a los seres vivos, las obras de infraestructura, la maquinaria y los equipos

**6.2.1. Criterios para el Diseño.** Para el diseño del botadero de estériles se tendrán en cuenta como factores más importantes: la cantidad de escombros a disponer, el lugar de ubicación, el tamaño y forma del mismo, las características del material a depositar y la más importante, las condiciones de estabilidad de la pila de escombros.

**6.2.2. Cantidad de Escombros.** Para el cálculo de la cantidad de escombros producidos durante la vida útil de la explotación de la mina chelín, es necesario tener en cuenta el avance diario del túnel principal de lo que, considerando las dimensiones del mismo, nos permite calcular el volumen de

material “in situ” producido durante dicho período. Este volumen afectado por un factor de esponjamiento da como resultado la cantidad de material suelto que conformará finalmente la pila de estéril o escombrera.

La cantidad de estériles determinará el tamaño de la escombrera.

**6.2.3. Lugar de Ubicación.** La escogencia del sitio para la ubicación del botadero se orientará hacia el cumplimiento de los siguientes objetivos:

Minimizar los costos de transporte y descarga de estériles. Por razones obvias, el transporte de escombros a largas distancias no se justifica desde el punto de vista económico, por tal razón, el botadero de estériles se situará en una área cercana de la bocamina, hacia donde se puedan conducir con facilidad las vagonetas cargadas con este material. Se buscará tener presente este criterio para definir la ubicación de la bocamina del túnel principal.

Garantizar el completo almacenamiento de los estériles producidos, concentrados en áreas reducidas. Para evitar la propagación indiscriminada de escombros sobre áreas aledañas a los túneles de explotación de la mina. Se tratará de hacer mínima el área afectada por el establecimiento del botadero.

Garantizar el drenaje. Con el fin de evitar la sobresaturación de agua en la masa rocosa suelta que puedan generar problemas de estabilidad del talud de la escombrera.

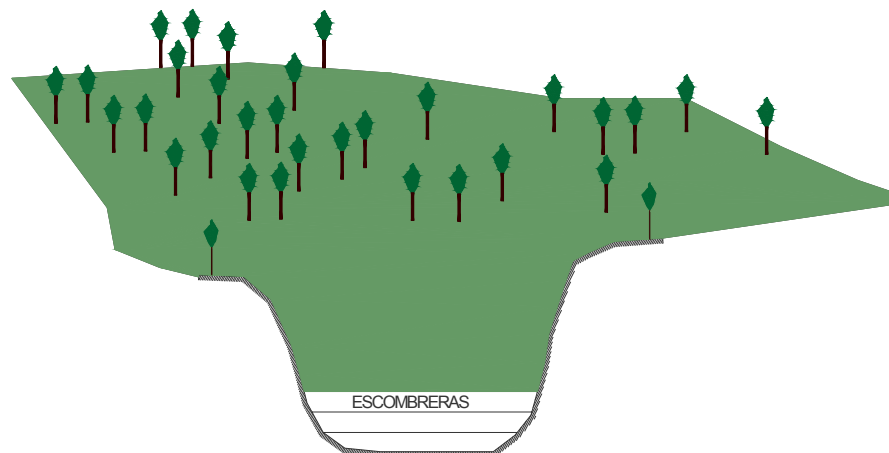
Evitar alteraciones sobre el hábitat, las especies protegidas y en general, cualquier perturbación sobre el medio natural, haciendo énfasis en las restricciones de tipo ecológico.

Alcanzar la integración y restauración de la estructura en el entorno. Lo cual se conseguirá una vez abandonado el botadero.

**6.2.4. Tipo y forma del botadero.** La forma de la escombrera dependerá de la morfología del terreno y de los equipos de transporte y descarga empleados en la operación.

El terreno que eventualmente será utilizado para la deposición de estériles permitirá finalmente establecer un botadero en forma de **vaguada**, como el que se aprecia en la [Figura 12.](#)

Figura 12. Diseño de botadero por vaguada



El botadero será alimentado por el material estéril que proviene del socavón principal, a través de vagonetas que poseen capacidad de 1.7 toneladas por viaje. La descarga del material se hará por volteo lateral y el material fluirá libremente por el botadero.

En cuanto al tipo, se trata de una escombrera al exterior de la explotación, sin relleno de huecos explotados y de vertido libre.

Las escombreras de vertido libre por gravedad, suelen utilizarse para escombreras de pequeña dimensión, que no presenten en ningún momento rodadura de piedras y donde siempre el ángulo del talud del botadero coincidirá con el ángulo de reposo de la roca. En este tipo de escombreras se presenta una marcada segregación de partículas de menor tamaño, quedando sobre la superficie del talud los fragmentos de roca mayores.

La granulometría de los estériles resultantes del avance del túnel varía entre tamaño arena a bloques y guijarros (tamaños entre 0.05 a 25 centímetros).

**6.2.5. Condiciones de Estabilidad.** En primer lugar, es necesario estimar si la base de la escombrera puede soportar la sobrecarga que genera el peso de los materiales vertidos o si por el contrario, es probable que se produzcan inestabilidades estructurales y movimiento de la base que afecten a la estructura que gravita sobre los mismos.

Para el caso particular del botadero que se pretende establecer en el proyecto de la mina chelín, la base del mismo estará conformada por rocas ígneas de tipo granodiorita-cuarzodiorita, intruidas en rocas metamórficas esquistosas, lo que hace presuponer condiciones óptimas de estabilidad de la base del botadero.

En segundo lugar, se considera que el vertido por gravedad proporciona ángulos de reposo de la roca con un coeficiente de seguridad cercano a 1. De otro lado, se atenderá la recomendación técnica dada por la literatura, para condiciones de alta lluviosidad, en el sentido de mantener un talud

general de unos 45°. Esto se logrará mediante una orientación adecuada de la descarga de estériles.

**6.2.6 Botadero bajo Tierra.** Otra forma de realizar el almacenamiento de estériles es la de relleno hidráulico. Este se realiza una vez se les haya hecho a las arenas y lodos la recuperación de oro; estos estériles son llevados a unas piscinas donde forma una mezcla lodosa al agregarles agua, la cual se inyectará al interior de la mina por medio de una bomba hasta donde se estén generando zonas de vacío, de ésta manera se evitará la creación de escombreras en superficie y bajo tierra le dará mayor estabilidad al techo de la explotación.

## **6.3 TANQUES DE SEDIMENTACION**

**6.3.1. Objetivos de la Construcción de Tanques de Sedimentación.** Con la construcción de tanques de sedimentación se persigue dos objetivos fundamentales:

Retener las aguas cargadas de sedimentos durante un período suficiente de tiempo que permita clarificarlas mediante la decantación de los sólidos que arrastran en suspensión.

Posibilitar el almacenamiento de los sedimentos decantados hasta que se realice la limpieza de dichos tanques.

**6.3.2. Tipo y Ubicación de los Tanque de Sedimentación.** Los tanques de sedimentación se construirán aguas abajo y en las proximidades del área de la mina chelín. En lo posible, si las condiciones topográficas lo permiten, se dispondrán dos tanque de sedimentación en serie y a desnivel el uno con

respecto del otro, para garantizar un correcto clarificado de las aguas que provienen del túnel exploratorio y de sus áreas contiguas.

Se presume que por las condiciones de pluviosidad de la región y por no afectarse superficialmente áreas extensas, la carga de sedimentos arrastrados por escorrentía será mínima. Los tanques de sedimentación serán excavados en el propio terreno y no tendrán revestimiento de ningún tipo.

**6.3.3. Criterios para el Diseño de los Tanques de Sedimentación.** El principal criterio que se emplea para el diseño de los tanques de sedimentación es el de la determinación de la capacidad de dichos tanques. La capacidad depende a su vez del volumen de sólidos que son transportados en el caudal de agua que se conduce a los mismos.

De la capacidad de los tanques se deducen sus dimensiones. Se pueden establecer además algunos criterios para definir, según la conveniencia, el área que ha de ocupar el tanque, jugando con la altura del mismo que a su vez depende de la velocidad de sedimentación de las partículas.

**6.3.4 Instalaciones Sanitarias.** Con el propósito de mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias de los trabajadores vinculados al proyecto de exploración de la mina chelín se construirá un campamento, en principio temporal que estará dotado de las instalaciones sanitarias de aseo personal, duchas, lavamanos y sanitarios con suministro de agua potable.

Como norma, se construirá un baño con ducha, sanitario y lavamanos por cada diez trabajadores.

Las aguas negra que se produzcan en dichas instalaciones sanitarias, serán conducidas por tuberías herméticas hacia una letrina de foso seco.

## CONCLUSIONES

Las escombreras deben rodearse de una zanja impermeable en la que se capten las aguas de escurrimiento e infiltración, las cuales deben analizarse antes de ser conducidas al cauce receptor.

La disminución de la cantidad de material útil contenido en la mena, aumenta el volumen de material procesado y se incrementan en forma desproporcionada las superficies necesarias a largo plazo para la depositación de material estéril.

Teniendo en cuenta la erosión y sus posibles efectos sobre las emisiones, será necesario observar las aguas de escurrimiento o infiltración a largo plazo y dado el caso, establecer un sistema de control continuo.

Las escombreras son una fuente inevitable de emisiones de polvo. La altura de descarga del material seco debe ser lo menor posible y los puntos de transferencia deben aislarse para impedir el escape de partículas finas.

Las escombreras son una fuente inevitable de emisiones de polvo. La altura de descarga del material seco debe ser lo menor posible y los puntos de transferencia deben aislarse para impedir el escape de partículas finas.

Dado que la operación de las bombas, generan ruido, deberán tomarse medidas insonorizantes (aislamiento de vehículos y máquinas, construcción de barreras antiruido, etc.),

Debe estudiarse la posibilidad de prevenir la erosión eólica e hidráulica en taludes y terraplenes y de compensar en alguna medida los efectos ambientales, mediante el restablecimiento oportuno de una capa vegetal.

Para prevenir las dosis excesivas de los reactivos y aditivos químicos , deben emplearse aparatos dosificadores, cuya operación debe vigilarse cuidadosamente.

Todas las medidas y normas de conducta destinadas a evitar la contaminación de aguas con reactivos se deben convertir en manuales instructivos de operación y emplearse para la capacitación del personal

La planificación debe incluir todas las medidas y precauciones que, por motivos de protección ambiental y de seguridad en el trabajo, podrían aplicarse en una empresa de la industria química inorgánica.

Se requieren programas en forma de manuales para la supervisión, el mantenimiento y medidas de emergencia en caso de fallas de la operación.

Las medidas de sensibilización y capacitación al personal son sumamente importantes, ya que en muchos casos la contaminación ambiental es causada por deficiencias en el manejo, almacenamiento y transporte de las sustancias empleadas en el procesamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

BENTHIN, Hentschel; PRIESTER, Bernd y THOMAS, Michael. Pequeña Minería Técnicas y Procesos. Alemania: GATE- GTZ, 1992. 535p.

BOGOTA, J. Y ALUJA, J. Geología de la Serranía de San Lucas. Geología de Norandía. Vol. 4. INGEOMINAS. Bogotá 1981.

CABALLERO, Victor y OTROS. Caracterización Física de la Cuenca del Río Lato base para su desarrollo ambiental sustentable. Especialización en Ingeniería de Preservación y Conservación de Recursos Hídricos y de Suelos, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1995. pp. 129.

CANNON, D. G. Toxicity of cyanide solutions, proceedings Fromm cyanide and Gold minime industry, minime journal books. 1991.

COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Curso Internacional el mercurio en la minería del Oro: Hacia una correcta gestión sanitaria y medio ambiental. Pasto: Tomo II CORPONARIÑO, 1997. 230p.

COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR. Plan de Manejo Ambiental Regional Para la Pequeña Minería de Oro de Aluvión y Filón en el Sur del Departamento de Bolívar. Magangué : Gráficas Lealtad Ltda 1997. 169p.

COLOMBIA. VICEMINISTERIO DE MINAS. Memorias del Seminario minero Ambiental, Técnico Científico. Bucaramanga : INGEOMINAS, 1996. 235p.

CSB, Corporación del Sur de Bolívar. Proyecto Control de la contaminación con mercurio y cianuro en la minería del Sur de Bolívar. Magangué, 1997. pp. 31

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Censo Nacional Minero, Resultados Generales. Santafé de Bogotá, 1.990.

GUEVARA, C. Jaime y Otros. IGAC, Estudios General de Suelos del Departamento de Bolívar. Cartagena, 1.997.

HABASHÍ, F. Kinetics and mechanism of Gold and Silver dissolution in cyanide solutions, Montana Buereau of mines and geology, Bull 59, Aril 87.

\_\_\_\_\_. Extractive metallurgy, Vol. II. Hydrometallurgy, Gordon and Breach. New York. 1970.

HENAO SARMIENTO, Jesús Eugenio. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Santafé de Bogotá, 1998. pp. 396

HERRERA J., Gladys y RODRIGUEZ D., Fabiola. Prevención de la contaminación del río Suratá por mercurio, sales de cianuro y cianuro libre proveniente de los distritos mineros de vetas y California. Bucaramanga: Tesis UIS 1986.

DEAM. Sistema de Información Hidrometeorológica, Regional Santander. 2002.

INGEOMINAS. Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Bolívar. 1983.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUIMICA. Memorias del Seminario Internacional “ Tecnologías para el mejoramiento de la recuperación de metales preciosos y medidas de control de la contaminación Ambiental”. Cali: INGEOMINAS 1996. 315p.

m----- Procesamiento de Minerales Auroargentíferos. Módulo 8: Extracción y Recuperación de Metales Preciosos. Convenio: Universidad Nacional - Facultad de Minas - CIMEX, Minerales de Colombia S.A.- MINERALCO y Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Medellín. 1992 110p.

MESA S., Luis A. y GAVIRIA C., Ana C. Procesamiento de Minerales Auroargentíferos. Módulo 7: Amalgamación. Convenio: Universidad Nacional - Facultad de Minas - CIMEX, Minerales de Colombia S.A.- MINERALCO y Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Medellín. 1992 30p.

MINERCOL S.A. Exploración geológica y geoquímica para oro en el aporte 1237, Sur de Bolívar. Bogotá, 1993.

MONTENEGRO, Hugo y Malagón, Dimas. IGAC, Propiedades Físicas de los Suelos. Santafé de Bogotá, 1.990.

NARVÁEZ, M. Y RODRÍGUEZ, J. L. Evaluación Geológico Minera y de Beneficio del sector aurífero de El Golfo. MINERCOL – UPTC. 1997.

ORTIZ B., Franklin. Geología de los depósitos minerales metálicos. Universidad Nacional de Medellín. 1992.

ORTIZ DELGADO, Hernán. Geología minera del oro de veta. Conciencias. 1991.

PRIESTER, M., HENTSCHEL, T. BENTHIN B. Pequeña minería: Técnicas y procesos. Gate, GTZ. Vieweg. 1992.