

## **PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**

---

## **MANUAL PARA EL INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS**

# PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

## MANUAL PARA EL INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS

### INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIONES	2
3.	GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS	2
4.	FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS - PARALIZADAS	4
4.1.	Identificación de la Mina	5
4.2.	Tipo de Minería	5
4.3.	Estado y Tipo de Mina	6
4.4.	Estado y tipo de Planta	6
4.5.	Depósitos de residuos	7
4.6.	Sustancias peligrosas utilizadas	8
4.7.	Situación del entorno	8
4.8.	Situación del agua	9
4.9.	Muestreo	10
4.10.	Identificación preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas	11
4.10.1.	Impactos ambientales.	12
4.10.2.	Procesos geodinámicos u otros presentes en el entorno.	13
4.10.3.	Problemas de seguridad a las personas.	14
5.	PROCEDIMIENTO PARA LA CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS/ PARALIZADAS	15
ANEXO I.	Modelo de Ficha – Inventario de Minas Abandonadas/Paralizadas	
ANEXO II	Códigos ISO-3166 A2 de los países de Iberoamérica y de la Península Ibérica	
ANEXO III	Glosario de términos mineros y ambientales de uso común en Iberoamérica y en la Península Ibérica	
ANEXO IV	Recomendaciones sobre empleo de la notación de colores Munsell	

Este Manual ha sido elaborado, con el auspicio de ASGMI, por el siguiente Grupo de Trabajo:

**Cecilia Adasme Aguilera**, SERNAGEOMIN, Chile (Coordinadora)  
**Julio César Arranz González**, IGME, España  
**Riguey Valladares Salinas**, INGEOMIN, Venezuela  
**Lionel Virgilio Fidel Smoll**, INGEMMET, Perú  
**Leonardo Edwin Loaiza Choque**, INGEMMET, Perú  
**Francisco Arceo y Cabrilla**, SGM, México  
**José de Jesús de los Santos Montaño**, SGM, México  
**Gustavo Rodolfo Pérez Acosta**, SGM, México  
**Omar Raúl Lapido Barzi**, SEGEMAR, Argentina

# PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

## MANUAL PARA EL INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS

---

### 1. INTRODUCCIÓN

La explotación de yacimientos mineros en Iberoamérica es una actividad que data de hace varios siglos, siendo milenaria en la Península Ibérica. En su origen se utilizaban métodos rudimentarios para extraer los minerales desde ricas vetas de oro, plata y cobre. Con el desarrollo industrial los procesos se fueron tecnificando hasta llegar a los sofisticados procedimientos que se aplican hoy en día.

Como consecuencia de esta actividad minera, y también minero-industrial, en la mayoría de los países quedaron numerosas minas e instalaciones en estado de abandono sin que se hayan sometido a un proceso adecuado de cierre, lo que ha significado que en la actualidad haya numerosos lugares en los que se presentan escenarios de riesgo para la seguridad y salud de las personas y para el medio ambiente.

Se hace necesario, o cuando menos aconsejable, que se tomen medidas para enfrentar esta amenaza para la salud y el medio ambiente, dando pasos para la solución o mitigación del riesgo, desde el inventariado y caracterización de los sitios mineros abandonados, pasando por la evaluación del riesgo que entrañan, hasta la propuesta de medidas de remediación o, al menos, mitigación de tales amenazas.

Este manual constituye un documento básico para el estudio y caracterización de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), y es fruto del trabajo de un grupo de profesionales de los Servicios Geológicos miembros de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI), constituido a tal fin en cumplimiento de los acuerdos alcanzados en el seminario *"Evaluación y recuperación ambiental de espacios mineros. Pasivos ambientales mineros"* que, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), tuvo lugar en el Centro de Formación de la AECID en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, durante los días 14 al 17 de octubre de 2008.

Un año más tarde, en octubre de 2009, con la misma organización y sede, se celebró una segunda edición del seminario con la participación de representantes de los Servicios Geológicos de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, México, Perú, República Dominicana, y Venezuela. En este segundo encuentro, además de la presentación de diferentes casos estudio, se presentaron los resultados alcanzados por el grupo de trabajo constituido un año antes, se consensuó el diseño y contenido de la Ficha-Inventario objeto de este manual, y se acordó presentarlo a la XVII Asamblea General de ASGMI para su aprobación y eventual aplicación por todos los Servicios Geológicos del ámbito iberoamericano.

En definitiva, en la medida en que la minería abandonada, y especialmente sus residuos de balsas, relaves, botaderos, escombreras, etc. constituyen una real amenaza para la salud y el medio ambiente, con este manual se trata de poner en común entre los profesionales de los Servicios Geológicos miembros de ASGMI los criterios y metodologías de trabajo aplicables en los estudios de inventariado y caracterización de los espacios mineros abandonados, ya sean de minería metálica, de rocas y minerales industriales, carbón, etc.

Se pretende, por tanto, de establecer una metodología común para la primera etapa del modelo de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros, descrito sucintamente en el apartado 3 de este manual, en el que se consideran tres etapas: 1) Identificación, inventario y caracterización de las minas abandonadas; 2) Clasificación de los PAM y evaluación de riesgos; y 3) Priorización y propuestas de remediación de los PAM.

## 2. DEFINICIONES

Con este apartado se pretende concretar y poner en común algunos conceptos fundamentales que pueden admitir otras definiciones más o menos precisas. No obstante, teniendo en cuenta que la terminología y léxico de la minería no es exactamente igual en todos los países de la comunidad iberoamericana ni, como consecuencia, la empleada en los Servicios Geológicos miembros de ASGMI, en este apartado únicamente se definen los términos generales objeto del documento. El detalle de la terminología utilizada en la Ficha-Inventario (anexo I) se desarrolla en el glosario que figura en el anexo III.

Para el uso de la Ficha-Inventario por los diferentes Servicios Geológicos se recomienda conservar el formato propuesto adaptando la terminología empleada en cada país, en su caso, de acuerdo con el glosario antes citado.

A efectos prácticos, los **Pasivos Ambientales Mineros** son aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de **minas abandonadas** o **paralizadas**, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, para la biodiversidad y para el medio ambiente.

**Mina Abandonada:** es aquella de la cual su dueño hace dejación con el ánimo de desprenderse del dominio de la misma.

**Mina Paralizada:** es aquella que se encuentra detenida por cualquier causa, sea temporal o definitiva, excluyendo detenciones por razones operacionales, de mantenimiento u otras habituales en una instalación minera en operación.

**Remediación:** el conjunto de acciones y medidas adecuadas para el control, reducción o eliminación del riesgo, para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente, de un pasivo ambiental minero, hasta un grado tal que el riesgo se reduce a un nivel aceptable y no significativo).

## 3. GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

El modelo de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros propuesto para ser implementado por los Servicios Geológicos miembros de ASGMI considera el desarrollo de las siguientes fases:

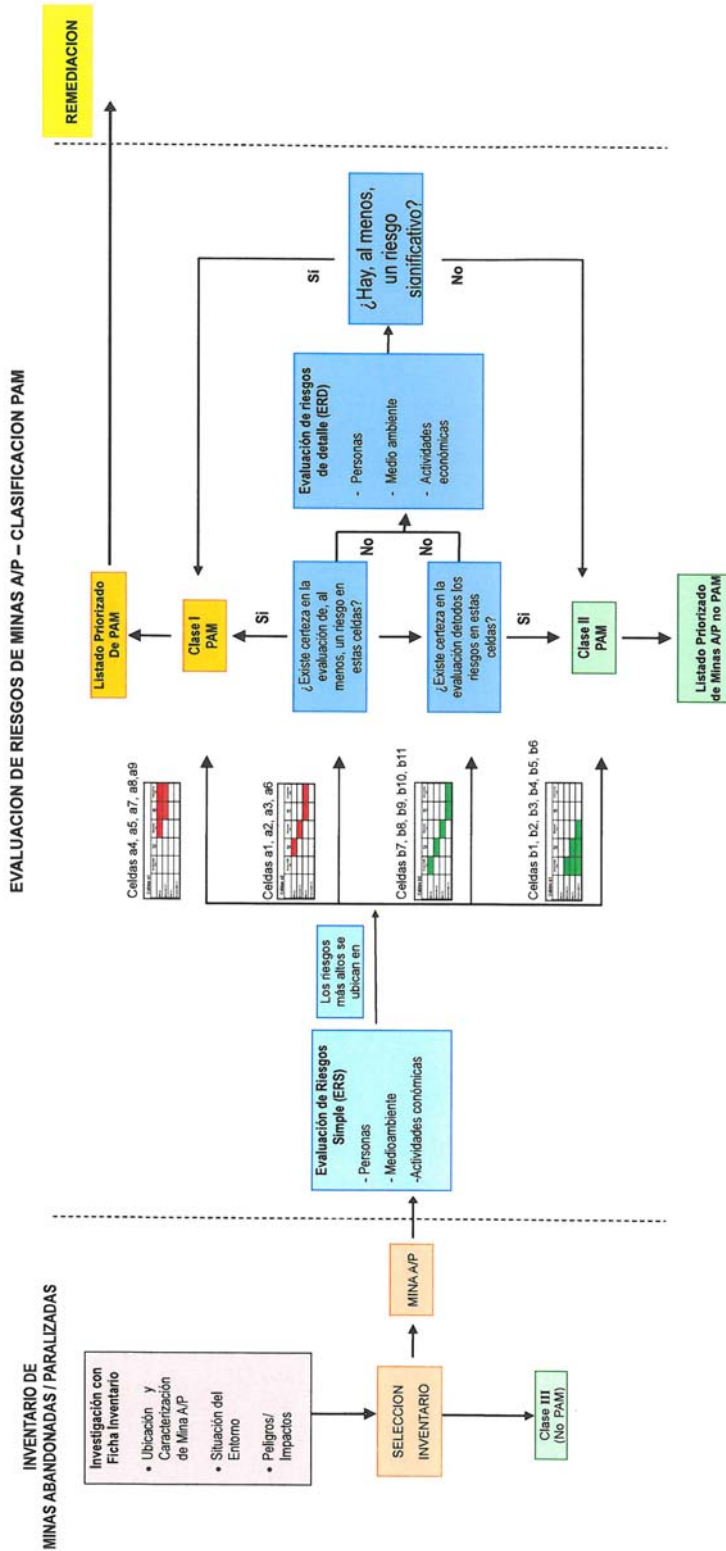
- a) Inventario y caracterización de minas abandonadas y paralizadas.
- b) evaluación de riesgos y clasificación de Pasivos Ambientales Mineros.
- c) Priorización y propuestas de Remediación de PAM.

El presente Manual para el Inventario de Minas Abandonadas o Paralizadas, aborda exclusivamente la primera fase del modelo de gestión de pasivos mineros (fig. 1), es decir, la identificación, ubicación y caracterización de las minas abandonadas o paralizadas y la situación de su entorno, con el propósito de levantar un inventario o catastro minero nacional de estos sitios, incluyendo su distribución en el territorio y registrando información preliminar de los peligros e impactos visibles. En esta primera fase se propone crear una base de datos que permitirá continuar con el siguiente paso de selección de las minas cuyo nivel de riesgo las haga merecedoras de mayor atención.

La segunda fase se refiere a un estudio más acucioso de los escenarios de peligros que tienen las minas abandonadas/paralizadas seleccionadas y el efecto de éstos sobre las personas y el medio ambiente. Dicho estudio tiene como objetivo clasificarlas en pasivos ambientales mineros y asignarles un lugar en la categorización relativa al nivel de riesgo. Esta segunda fase será objeto de un nuevo desarrollo metodológico

que será plasmado en un *Manual de Evaluación de Riesgos de Minas Abandonadas/Paralizadas - Clasificación de PAM*, actualmente en preparación por el grupo de trabajo de ASGMI.

Figura 1. Modelo de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros



#### 4. FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS - PARALIZADAS

En este apartado se describe el contenido de la Ficha Inventario de Minas Abandonadas o Paralizadas (anexo I), y el procedimiento a seguir para su cumplimentación y para la obtención de datos y resultados necesarios para etapas posteriores en la evaluación de los Pasivos Ambientales Mineros.

En la parte superior de la ficha, inmediatamente debajo del título (ver anexo I) aparecen dos espacios reservados para la identificación de la propia ficha, mediante códigos que permitirán distinguirla del resto de fichas del inventario, y que serán los identificadores en la base de datos correspondiente. Estos códigos son:

- **Código de Identificación:** Se consigna en una doble casilla situada en la parte superior izquierda. El primer espacio se reserva para la clave del país según el código de la norma ISO 3166-A2. Salvo contadas excepciones estos códigos son los mismos que se emplean con letras minúsculas en los llamados dominios de nivel superior geográfico en INTERNET. Así, por ejemplo: "CL" significará Chile, "BR" representará a Brasil, etc. En el anexo II se adjunta el listado completo de códigos para Iberoamérica y la Península Ibérica. En el segundo espacio está reservado para un código constituido por una cadena de cuatro letras separadas por un guión. Las dos primeras identifican el estado (región o provincia) en que se encuentra la mina abandonada o paralizada objeto de estudio, y las otras dos que identifican el municipio (o comuna). Esta cadena de cuatro letras irá seguida de un número correlativo de dos dígitos indicador de la mina o emplazamiento minero. Por ejemplo, si el objeto de la ficha inventario fuese la mina abandonada número 01 en el municipio de Campo Elías, Estado Mérida, en Venezuela, el Código de Identificación llevaría en la primera casilla las siglas "VE" y en la segunda casilla la cadena "ME-CE-01". Otros términos que podrían ser utilizados para formar con sus iniciales este código serían: departamento, región, cantón, municipio, etc., en función de lo que sea más conveniente y ajustado a la subdivisión administrativa de cada país.
- **Ficha número:** hace referencia al número de fichas empleadas en la identificación de una determinada mina. Lo que se pretende es permitir la utilización de varias fichas en aquellos casos en los que la complejidad de un determinado emplazamiento minero, o la multiplicidad de depósitos de residuos asociados a una determinada mina y reconocidos como pertenecientes a ella así lo aconsejen. Se puede dar también el caso de la existencia de una estructura minera aislada que prestó servicio a varias minas, como por ejemplo una presa de lodos o relaves. En este caso concreto parece más adecuado asignar una ficha exclusiva a dicho depósito de lodos que asociarlo a una mina en particular.

En general deben registrarse en fichas independientes aquellos casos en los que las instalaciones pertenecientes a una mina abandonada se localicen separadas por distancias que implican diferentes ambientes, es decir, donde cada instalación tiene diferente entorno, por ejemplo una mina situada en zona despoblada mientras que la planta y el depósito de residuos se ubican cerca de una población. Sólo instalaciones dispersas en similares entornos, y evidentemente las que estén agrupadas, podrán ser registradas en una única ficha.

El cuerpo principal de la Ficha consta de encasillados de estructura fija que se corresponden con 10 ítems o apartados identificados con números, al que se suma un apartado final destinado a reflejar posibles incidencias surgidas durante el desarrollo de los trabajos de campo. Entre los numerados, los seis primeros están diseñados para recolectar información correspondiente a la descripción de la explotación minera abandonada, y el resto para reunir datos sobre la situación del entorno e impactos ambientales o peligros que se observan. A excepción de los dos primeros, todos incluyen un subapartado dedicado a observaciones, con objeto de facilitar la incorporación de información complementaria a la que se registra en las casillas.

A continuación se explica el contenido y modo de cumplimentar cada ítem de la Ficha para el inventario de minas abandonadas. Para cada uno de los apartados se reproduce en primer lugar el encasillado que le corresponde en la Ficha.



#### 4.1. Identificación de la Mina

<b>1. Identificación de la Mina</b>							
Nombre de la Mina A/P		<input type="text"/>					
Empresa/Propietario:		<input type="text"/>					
Ubicación	Longitud:	<input type="text"/>	Latitud:	<input type="text"/>	Altitud (msnm)	<input type="text"/>	Datum
Región:	<input type="text"/>	Prov.:	<input type="text"/>	Comuna/Municipio	<input type="text"/>	Paraje:	<input type="text"/>
Mapa Topográfico N°:	<input type="text"/>	Nombre:	<input type="text"/>			Escala:	<input type="text"/>
Accesibilidad:	<input type="checkbox"/> Con vehículo	<input type="checkbox"/> A pié /a caballo	<input type="checkbox"/> Inaccesible	<input type="checkbox"/> Croquis			

- **Nombre de la Mina Abandonada/Paralizada:** Si existe información disponible en el Servicio Geológico correspondiente, o es posible averiguarlo de otro modo, se registrará el nombre de la mina abandonada - paralizada.
- **Empresa/Propietario:** Se registrará información del concesionario minero ya sea como empresa, persona jurídica, o bien, el nombre de la persona responsable del lugar o cuidador local.
- **Ubicación:** Se identificará la ubicación mediante las coordenadas geográficas (**longitud** y **latitud**, preferiblemente UTM, salvo que en el país de que se trate se utilice otro sistema de proyección), y la **altitud** o cota, así como el **Datum** al que se refieren las coordenadas.
- **Región, Provincia, Comuna/Municipio, Paraje:** Se indicarán los nombres toponímicos de las sucesivas subdivisiones administrativas que permitan ubicar más fácilmente la localización, terminando con el nombre del paraje con el que se conoce el lugar. Los descriptores utilizados pueden cambiar en los distintos países, en función de cómo esté establecido el sistema de subdivisiones administrativas y de lo que sea más conveniente en cada caso. Por ejemplo, otros términos que podrían ser utilizados en esa serie serían: estado, departamento, región, cantón, etc.
- **Mapa Topográfico (número, nombre y escala):** En las casillas correspondientes se escribirá el número, nombre y escala de la hoja del correspondiente mapa topográfico de mayor detalle (mayor escala) que esté disponible y en el que pueda situarse el emplazamiento de la mina inventariada.
- **Accesibilidad:** Se marcará la casilla que corresponda. La opción "**Inaccesible**" implica que los investigadores no pueden acercarse al lugar. En este caso, habría que intentar observar desde lejos. En cualquier caso, es recomendable anotar algún comentario al respecto, aunque sólo sea porque en ocasiones será la única constancia de la existencia de una mina abandonada. La casilla "**Croquis**" se marcará siempre que en aquellos casos en que se levante un croquis de la zona en la hoja de la Ficha Inventario destinada a tal fin (ver anexi I). Dicho croquis contempla un dibujo sobre la ubicación de la mina abandonada respecto a algunos puntos de referencia importantes (como caminos, casas, bosques, etc.), y/o de las instalaciones de la mina.

#### 4.2. Tipo de Minería

<b>2. Tipo de Minería</b>	Metálica: <input type="checkbox"/>	No Metálica: <input type="checkbox"/>
Sustancia/s:	<input type="text"/>	

- **Tipo de minería:** En primer lugar se ha de marcar lo que corresponda sobre el tipo de minería: **metálica** o **no metálica**. Esta dicotomía resalta la significación de la minería metálica frente a todos los otros tipos de explotación minera, reflejando la enorme importancia que ha tenido históricamente y tiene todavía hoy en la generación de pasivos ambientales, tanto en Iberoamérica como en la Península Ibérica.

- **Sustancia/s:** Se registrará el tipo de roca o mineral principal producido en la mina, así como los secundarios. Se recomienda usar los nombres comunes para las sustancias no metálicas (mármol, pizarra, bauxita, carbón, etc.) y emplear los símbolos de la tabla periódica de los elementos para los metales (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, etc.).

#### 4.3. Estado y Tipo de Mina

3. Estado y Tipo de Mina										
Estado:	<input type="checkbox"/>	Abandonada desde el año:	<input type="text"/>							
	<input type="checkbox"/>	Paralizada desde el año:	<input type="text"/>	Hasta el año:	<input type="text"/>					
Tipo:	<input type="checkbox"/>	Subterránea	Labores accesibles		Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	Cielo abierto	Inundada	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	Color del agua	<input type="text"/>	pH
			Efluentes	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	Color del agua	<input type="text"/>	pH
Tamaño del hueco (m)	Ancho:	<input type="text"/>	Largo:	<input type="text"/>	Prof.:	<input type="text"/>	Volumen estimado (m <sup>3</sup> ):	<input type="text"/>		
Observaciones:										

- **Estado de la Mina Abandonada/Paralizada:** Se marcará la casilla a abandona o paralizada, según corresponda y se escribirá el año en que entró en estado de abandono, en caso de existir información al respecto, o si se trata de una mina que anunció su paralización.
- **Tipo:** Se marcará lo que corresponda entre las opciones de **minería subterránea** o a **cielo abierto** (tajo abierto).
- **Labores accesibles:** En el caso de tratarse de una mina subterránea, es muy importante señalar si las labores de interior (pozos, galerías, cámaras, etc.) son accesibles o no, especialmente por lo que pudiera implicar desde el punto de vista de la seguridad de las personas. Se ha de marcar la casilla que corresponda (**Si** o **No**).
- **Inundada:** Se ha de marcar lo que corresponda entre las opciones **Si** o **No**. Además se describirá el color del agua y se anotará el **pH**, cuando corresponda.
- **Efluentes:** Se ha de marcar lo que corresponda entre las opciones **Si** o **No**. Además se describirá el color del agua y se anotará el **pH**, cuando corresponda.
- **Tamaño del hueco:** Se anotarán las dimensiones aproximadas del **hueco** minero en las correspondientes casillas (ancho, largo y profundidad), así como una estimación aproximada del volumen.

#### 4.4. Estado y tipo de Planta

4. Estado y Tipo de Planta													
Trituración/molienda:	<input type="checkbox"/>	Cribado:	<input type="checkbox"/>	Lavadero:	<input type="checkbox"/>	Flotación:	<input type="checkbox"/>	Lixiviación:	<input type="checkbox"/>	Precipitación:	<input type="checkbox"/>	SXEW:	<input type="checkbox"/>
Refinación:	<input type="checkbox"/>	Tostación:	<input type="checkbox"/>	Cianuración:	<input type="checkbox"/>	Amalgam.:	<input type="checkbox"/>	Fusión/convers.:	<input type="checkbox"/>	Otras:	<input type="text"/>		
Observaciones:													

- En este apartado se registrarán las instalaciones existentes en el área minera abandonada. Como ya se ha comentado, sólo instalaciones incluidas en el área minera, o ubicadas en similares entornos, deberán ser registradas en la misma ficha empleada para la mina. Se Seleccionará el proceso, o los procesos, de la planta de tratamiento marcando las correspondientes casillas reservadas a:



- Trituración/molienda
- Cribado
- Lavadero
- Flotación
- Lixiviación
- Precipitación
- SXEW (*solvent extraction and electrowinning*, traducible por extracción por solventes y electro-obtención de minerales)
- Refinación
- Tostación
- Cianuración
- Amalgamación
- Fusión/conversión
- Otras

Si no existe planta de tratamiento o restos de ésta, pero se sabe que existió una o más en el pasado, los procesos se pueden identificar a través de la consulta de información de archivos, o mediante entrevistas a ex trabajadores o vecinos. Esta información es importante para juzgar las características de los desechos residuales o la posibilidad de contaminación ambiental de los alrededores.

#### 4.5. Depósitos de residuos

5. Depósitos de Residuos							
Desmonte/botadero:	<input type="checkbox"/>	Relaves:	<input type="checkbox"/>	Residuos de lixiviación:	<input type="checkbox"/>	Residuos de evap/precip.:	<input type="checkbox"/>
Residuos industriales:	<input type="checkbox"/>	Escorias:	<input type="checkbox"/>	Otros acopios:	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Tamaño del depósito (m)	Ancho:	Largo:	Altura:	Volumen est. (m <sup>3</sup> ):	Color:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Observaciones:							

- Se Seleccionarán los tipos de residuos mineros remanentes marcando las correspondientes casillas reservadas a:
  - Desmonte/botadero
  - Relaves
  - Residuos de lixiviación
  - Residuos de evaporación/precipitación
  - Residuos industriales
  - Escorias
  - Otros acopios

Se podrán seleccionar varios tipos de depósitos de residuos, en su caso. Si existieran varios depósitos de la misma naturaleza sin nombre propio, se registrarán con nombres arbitrarios como Depósito de Relaves 1, 2, 3, etc., para poder identificarlos.

- **Tamaño del depósito:** Se anotará el tamaño de cada depósito de residuos mineros en las correspondientes casillas (**ancho, largo y altura**), así como una estimación aproximada del **volumen**. En el caso de residuos depositados en un declive, en relación a la altura, es preferible registrar el promedio de la altura, no la máxima del depósito.
- **Color:** Se escribirá el color predominante o el que más se ajusta a la percepción visual de la masa de

residuos. Este aspecto es especialmente interesante para residuos finos, si bien también puede serlo para residuos de desmonte, al dar una idea de cuánta tierra está incorporada en el residuo. Se recomienda utilizar la notación Munsell. Sobre el empleo de la notación de colores Munsell se aportan una serie de recomendaciones y aclaraciones en el anexo IV de este manual.

#### 4.6. Sustancias peligrosas utilizadas

<b>6. Sustancias peligrosas utilizadas</b>	Mercurio: <input type="checkbox"/>	Cianuro: <input type="checkbox"/>	Ácido sulfúrico: <input type="checkbox"/>	Otros: <input style="width: 80%;" type="text"/>
Observaciones: _____				

- Si se tienen antecedentes de los procesos mineros desarrollados en la mina o planta abandonada, es posible seleccionar el nombre de la sustancia que se utilizó entre las que se han incluido en la ficha, marcando la correspondiente casilla:
- Mercurio
- Cianuro
- Ácido sulfúrico
- Otros

Si se tuviera conocimiento de que fueron empleadas sustancias no identificadas como una opción en la Ficha, es importante registrarlas en la casilla reservada a "Otros". En el subapartado de "Observaciones" conviene anotar el lugar de almacenamiento de las sustancias y cualquier otra información relativa a la cantidad o condiciones en que se encuentre (ordenado, esparcido, aislado, etc.).

#### 4.7. Situación del entorno

7. Situación del entorno	Distancia (m)	Descripción
<input type="checkbox"/> Viviendas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Infraestructura vial	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Infraestructura urbana	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Áreas agrícolas y/o ganaderas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Explotación forestal	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Bosque y/o vegetación natural	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Especies y ecosistemas valiosos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Otros	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Entorno geológico</b>		<b>Descripción</b>
Rocas del sustrato:	Sedimentarias <input type="checkbox"/>	Volcánicas <input type="checkbox"/>
	Volcano-sedimentarias <input type="checkbox"/>	Intrusivas <input type="checkbox"/>
	Metamórficas <input type="checkbox"/>	
Morfología:	Cono deyección <input type="checkbox"/>	Valle <input type="checkbox"/>
	Ladera <input type="checkbox"/>	Terraza <input type="checkbox"/>
	Rampa <input type="checkbox"/>	Altiplanicie <input type="checkbox"/>
		Litoral <input type="checkbox"/>
Observaciones: _____		

La información contemplada en este ítem es importante para la fase de evaluación de riesgos de los Pasivos Ambientales Mineros. Se deberá registrar información sobre todos los elementos, naturales y artificiales, existentes en el entorno del sitio minero tales como bosques, ríos, casas, caminos, ferrocarriles, etc. y la distancia a/desde el área minera abandonada. Por ejemplo, si un depósito de relaves adyacente a un río se rompiera, sus efectos podrían llegar de unos pocos a varios kilómetros río abajo. En la Ficha Inventario, bastará con referenciar los elementos incluidos en un radio de 1 km alrededor del área minera abandonada.

Los contenidos de este ítem son:

- **Viviendas:** poblaciones o conjuntos de casas. Se deberá registrar incluso una casa aislada.
- **Infraestructura vial:** caminos, puentes, túneles, etc.
- **Infraestructura urbana:** instalaciones públicas, tales como escuelas, líneas de ferrocarril, líneas de transmisión de energía eléctrica, canales, etc.
- **Áreas agrícolas y/o ganaderas:** distinguiendo a ser posible por tipos de productos agrícolas o de animales.
- **Explotación forestal:** masas arboladas con claro aprovechamiento forestal, es decir en los que se realizan operaciones cuyo objetivo final es la obtención de productos forestales.
- **Bosque y/o vegetación natural:** vegetación circundante de carácter autóctono o nativo, describiéndola someramente o nombrándola con vocablos locales.
- **Especies y/o ecosistema valiosos:** hábitats de especies amenazadas, áreas o espacios protegidos, reservas naturales (incluso las privadas), etc.
- **Otros recursos:** elementos del patrimonio cultural e identitario (yacimientos arqueológicos, edificios históricos, lugares de alto valor desde el punto de vista de la tradición local, etc.) u otros bienes naturales importantes.

Respecto del entorno geológico se marcará la casilla que se corresponda más estrechamente tanto con la litología del sustrato, como con la geomorfología.

#### 4.8 Situación del agua

<b>8. Situación del agua</b>					
Cauce cercano, lago, canal, etc.	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	Distancia aproximada (m): <input type="text"/>
Uso del agua	No se usa	<input type="checkbox"/>	Consumo humano	<input type="checkbox"/>	Agrícola <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Otros <input type="text"/>
Nombre/s de la secuencia de afluentes:	<input type="text"/>	>>>	<input type="text"/>	>>>	<input type="text"/>
>>>	<input type="text"/>	>>>	<input type="text"/>	>>>	<input type="text"/> >>> Mar
Información sobre aguas subterráneas	No:	<input type="checkbox"/>	Si:	<input type="checkbox"/>	Descripción: <input type="text"/>
Información sobre precipitaciones	No:	<input type="checkbox"/>	Si:	<input type="checkbox"/>	Estación: <input type="text"/> Cantidad(mm): <input type="text"/>
Información sobre clima o bioclima	No:	<input type="checkbox"/>	Si:	<input type="checkbox"/>	Tipo: <input type="text"/>
Observaciones: <input type="text"/>					

Este apartado de la ficha pretende describir las características hídricas, meteorológicas y climáticas en el entorno cercano a la mina abandonada. Contempla los siguientes aspectos:

- **Cauce cercano, lago, canal, etc.:** Se marcará la opción "Si" en caso de identificar la existencia de un cauce natural (río, arroyo, rambla, quebrada, etc.), canal, estero, laguna, embalse, pantano, o cualquier clase de cuerpo de agua superficial próximo a cualquiera de las labores mineras, anotando también la "Distancia aproximada" en metros. Se deben incluir también aquellos que, siendo reconocibles, no almacenan o transportan agua en el momento de la visita, por ser estacionales o de funcionamiento plurianual.
- **Uso de agua:** Se seleccionará lo que corresponda sobre la situación del uso del agua alrededor de la mina abandonada. Cuando existan zonas habitacionales o actividades agrícolas, ganaderas, industriales o de otro tipo deberá registrarse en las correspondientes casillas, confirmando la ubicación de la situación de las tomas de agua para consumo con respecto al cuerpo de agua al que se está haciendo referencia. Si el suministro de agua proviniese de fuera del radio de influencia de la mina abandonada, o se confirmase que el cuerpo de agua al que se está haciendo referencia no abastece a ningún consumo de la clase que sea, se seleccionaría la casilla correspondiente a "No se usa".
- **Nombre/s de la secuencia de afluentes:** Los arroyos, ríos, quebradas o esteros, cercanos a las

instalaciones mineras, generalmente confluyen con cauces mayores en una sucesión que finalmente termina en el mar o en un lago, por lo tanto es necesario conocer el curso de tales aguas y anotarlo, independientemente de la existencia o no del agua en el momento de la investigación. Para el estudio del sistema de agua superficial es útil una carta topográfica detallada junto a otras de menores escalas.

- **Información sobre aguas subterráneas:** Se deberá confirmar la existencia, o no, de pozos en los alrededores de la mina abandonada (ubicación, profundidad de la toma de agua) o antecedentes de estudios de agua subterránea, y seleccionar lo que corresponda. En el caso de marcar “**Si**”, se anotará también su situación y contenidos en el espacio “**Descripción**”. Además, debe anotarse la existencia de aguas que permanezcan en el interior de una mina a cielo abierto y las que pudieran salir de la bocamina de una mina subterránea.
- **Información sobre precipitaciones:** Se existiera alguna estación meteorológica pluviométrica lo suficientemente cercana, ha de recavarse la información sobre precipitación media anual en mm (**Cantidad**), anotando su nombre en la casilla correspondiente (**Estación**). La precipitación media anual es un parámetro ampliamente utilizado y útil, especialmente a efectos comparativos.
- **Información sobre el clima o bioclima:** Las condiciones climáticas son determinantes en los procesos físicos y químicos que se producen en minas abandonadas. Se deberá buscar y anotar información relativa a la caracterización del **clima** o **bioclima** del lugar, que se presentará normalmente usando términos descriptivos tales como: mediterráneo semiárido, tropical desértico, tropical hiper-húmedo, etc. Normalmente, será necesario obtener dicha información mediante consultas bibliográficas, cartográficas o acudiendo a instituciones competentes en la materia.

La clasificación bioclimática, o la delimitación de unidades bioclimáticas, pretende establecer relaciones entre los valores medios climáticos de un territorio y la distribución de los seres vivos, especialmente plantas y formaciones vegetales naturales. En este sentido, existe ya una abundante información publicada sobre distribución de ecosistemas o sistemas ecológicos, tanto en Iberoamérica como en la Península Ibérica, que reconocen dichas unidades como combinación de la vegetación natural (remanente o potencial) y el medio físico/climático. Por ello, las descripciones de dichas unidades suelen incluir detalles del clima o bioclima. Algunos de las propias denominaciones empleadas en estos trabajos encierran una fuerte carga de información sobre el clima, como por ejemplo: matorral desértico de los andes áridos; bosque tropical siempreverde latifoliado; pajonal altoandino de la puna húmeda, etc.

#### 4.9. Muestreo

<b>9. Muestreo</b>	Agua:	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si (ver hoja de muestreo)	Referencia: <input style="width: 95%;" type="text"/>
	Otros:	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si (ver hoja de muestreo)	Referencia: <input style="width: 95%;" type="text"/>

Es posible que la mina abandonada presente drenajes o aguas que entran en contacto con residuos, sobre las cuales, además de la identificación del color y el pH, es necesario efectuar un análisis químico para determinar si son efluentes potencialmente contaminantes. En tal caso, se tomarán muestras durante el trabajo de campo. Se seleccionara “**Si**” en la casilla correspondiente a “**Agua**” de esta sección de la Ficha. Asimismo, los residuos remanentes expuestos a la intemperie, cuya composición química pudiera ser peligrosa para el medio ambiente, pueden considerarse susceptibles de muestreo. En tal caso, se marcará “**Si**” en la casilla correspondiente a “**Otros**” de esta misma sección. Se reservan dos casillas para anotar la “**Referencia**” o clave de etiquetado de la/s muestras que se tomen.

Haciendo uso de la **Hoja de Muestreo**, que acompañará a la Ficha, para la que existe también un formato establecido, podrán anotarse la descripción y ubicación de las muestras junto a algunos otros datos que se consideren de interés. Es fundamental registrar las coordenadas del punto de muestreo y aplicar correctamente el protocolo de muestreo.



someramente descritos en la casilla “**Descripción**”, además de estimar en la casilla correspondiente el valor de la probabilidad de ocurrencia de acuerdo con lo expresado en la tabla anterior.

#### 4.10.1. Impactos ambientales.

La minería, especialmente la que se desarrolla a cielo abierto, puede generar cambios substanciales en las formas del relieve, y causa la destrucción de la cubierta vegetal y el suelo, o pone en marcha procesos de degradación del mismo. El ambiente biológico es completamente destruido, o radicalmente modificado, al menos durante el tiempo en el que se realizan labores mineras. En ausencia de acciones de remediación o rehabilitación, muchos de estos efectos se perpetúan como cicatrices en el paisaje o como procesos dinámicos que continúan afectando al entorno.

- **Contaminación de aguas:** Se puede sospechar la contaminación de agua si es posible detectar visualmente precipitados de óxidos, hidróxidos o hidroxí-sulfatos de hierro, pudiendo medir con instrumentos portátiles como el peachímetro, conductímetro y *kits* de detección cualitativa. No obstante, no es posible determinar la contaminación fácilmente cuando se debe a oligoelementos, como arsénico, cadmio, etc.
- En cualquier caso, es necesario confirmar cuantitativamente el grado y la existencia o no de la contaminación, comparando los resultados de análisis de muestras de agua con normas de la calidad de agua. En la investigación con la Ficha de terreno, se evalúa sólo visualmente la probabilidad, y una vez que se obtienen los resultados de análisis, es posible corregir la información.
- **Generación de polvo:** Inevitablemente se generan polvos fugitivos en condiciones de abandono, debido a que quedan en el sitio residuos finos y no aglomerados, como relaves secos de procesos de concentración. La generación de polvo por la acción del viento se confirma directamente en el momento de la investigación o por medio de huellas de erosión hechas por el viento en la superficie de los depósitos de residuos.
- **Degradación de la cubierta vegetal:** Durante el periodo de actividad minera, la vegetación y el suelo que la sustentaba sufrieron una destrucción por eliminación física en los lugares donde se desarrollaron labores de desmonte o apertura de frentes, vertido de escombros, construcción de balsas o presas y otras infraestructuras, etc. Asociada a la degradación de la vegetación se afectó a la fauna que la habitaba o la utilizaba como alimento, cazadero o refugio. A veces, la perturbación sufrida por la vegetación se extiende desde el área minera a las superficies adyacentes, incluso después de la paralización o el abandono de la explotación. Debe valorarse la importancia de tales impactos.
- **Arrastre de residuos a otras áreas:** Muchos de los diferentes tipos de superficies que quedan expuestas a los agentes atmosféricos en minas abandonadas sufren normalmente procesos gravitacionales o de erosión hídrica y eólica. Las consecuencias de la erosión eólica son consideradas como **generación de polvo**. La visualización de rasgos de erosión, cuando se constata que las aguas de escorrentía tienen salida del área, o cuando se trata de depósitos de residuos aislados, claramente denuncia la fuga de sedimentos hacia los suelos, o hacia los cauces y cuerpos de agua del entorno, cuya calidad disminuye por el hecho de aumentar su carga sólida. Estos efectos pueden ser mucho más graves cuando las partículas erosionadas proceden de superficies en las que se sospecha que existen elementos potencialmente tóxicos. En otros casos, debido a una particular conformación del área minera y de la situación de las estructuras presentes, no existe salida de las aguas de escorrentía hacia el exterior.
- **Otros:** En una mina abandonada, especialmente en el lugar donde se benefician los minerales, puede haber contaminación del suelo. Ésta se determina generalmente mediante el análisis químico de muestras de suelo o sedimentos tomados en forma sistemática. Si se ven claramente evidencias de vertimiento de aguas residuales, se registrará en el espacio de la Ficha correspondiente.

Cuando se sospeche de la contaminación del suelo, es necesario estudiar la posibilidad de la contaminación del agua subterránea. Se puede pensar que existe alta la probabilidad de contaminación del agua



subterránea, cuando el nivel freático está cerca de la superficie del terreno.

Cualquier otro posible efecto distinto a todos los anteriores que se observe debe ser registrado y brevemente descrito.

#### 4.10.2. Procesos geodinámicos u otros presentes en el entorno.

Por el hecho de producirse en un área minera, estos procesos pueden tener consecuencias distintas a las que tendrían en un terreno natural inalterado, viéndose en ocasiones inducidos o facilitados. Las excavaciones mineras y los depósitos de residuos producen superficies topográficas nuevas, diferentes a la original. Si se puede suponer que la topografía original era estable o estaba en equilibrio con el medio natural, es muy posible que las nuevas formas generadas por la actividad minera no lo sean, unas en mayor medida que otras según el lugar. Las nuevas formas artificiales generan cambios en el flujo interno y externo del agua, modificando el funcionamiento natural de los procesos de desplazamiento de materiales por erosión, arrastre y sedimentación, o por movimientos en masa. Se reseñarán los siguientes posibles procesos:

- **Hundimientos/subsidencia:** En la superficie cercana a las minas subterráneas ocurren eventos relacionados con el uso de terreno a causa del hundimiento (subsistencia). Estos eventos también se relacionan con problemas de la seguridad. Es importante anotar los puntos problemáticos de estos dos tipos de eventos en el espacio "**Descripción**". En cumplimentación de la Ficha Inventario se estima la posibilidad de que suceda el hundimiento, considerando las evidencias de que el evento ya se ha manifestado.
- **Movimientos en masa:** En la historia de la industria minera, los colapsos de depósitos de relave han causado los accidentes de mayor envergadura. Han ocurrido accidentes en los que se perdieron cientos de vidas en un instante. En general, la mayoría de los depósitos de relave antiguos que se ubican en zonas secas, se encuentran en un estado físico relativamente estable, excepto por la generación de polvo. No obstante, los depósitos de relave de zonas húmedas y especialmente aquellos instalados cerrando valles, mantienen una gran cantidad de agua dentro del depósito, incluso mucho tiempo después de haber terminado su operación, y existe la posibilidad de que se produzca el fenómeno de licuefacción en caso de un terremoto, o bien, existe el peligro de derramar relaves desde la cubeta en momentos de crecidas de aguas por lluvias.

Para determinar la estabilidad física de los depósitos de relave, generalmente se realizan ensayos de mecánica de suelos y se realizan cálculos de estabilidad del talud del muro. Este tipo de trabajos quedan fuera de la simple labor de inventario. No obstante, en la investigación con Ficha de Inventario se observará cuidadosamente la ubicación del depósito respecto de ríos, la existencia de erosión en el muro por drenajes de aguas lluvias o de canales de desvío, el grado de sequedad del relave, la posible existencia de grietas en el talud, las filtraciones de agua, los posibles fenómenos de sufusión, etc.

Las influencias por el colapso de botaderos o escombreras de estériles o de desechos de lixiviación generalmente se limitan a lugares cercanos a los botaderos, pero el poder destructivo en el momento del colapso puede ser importante, por lo tanto cuando existen en las proximidades zonas habitadas o infraestructuras de transporte, la asignación de puntaje es alta. También, cuando los botaderos están adyacentes a ríos hay peligro de socavación del pie del depósito en momentos de crecida, por lo cual la probabilidad de ocasionar daños es alta. Al igual que ocurre con los depósitos de relave, se prestará atención a la pendiente del talud, grietas, situación de pequeños derrumbes y relación con la ubicación de ríos. En ocasiones son los propios botaderos o escombreras los que generan inestabilidades sobre la ladera en que se asientan, lo que puede apreciarse por grietas en el terreno, reptación de suelos, inclinación de la vegetación, etc.

Por último, la inestabilidad de taludes en las cortas, frentes o cualquier tipo de hueco de explotación puede dar lugar con el paso del tiempo a la rotura o el desmoronamiento de los taludes, lo que puede llegar a afectar a terrenos propiedad de terceros o a zonas habitadas situados detrás. La existencia de signos de



inestabilidad en taludes se aprecia por grietas de coronación, caída de bloques o piedras sueltas, chasquidos, vuelco, etc.

- **Inundación:** Los procesos de inundación naturales pueden verse modificados como consecuencia de las modificaciones topográficas generadas por huecos excavados en la cercanía de cauces o por la situación de depósitos de residuos en lugares donde se obstaculiza el flujo del agua en momentos de crecida. La gravedad de los cambios en las áreas inundables será normalmente mayor cuanto mayor sea la proximidad a un cauce y la modificación de la topografía original. Estos aspectos se valorarán a la hora de juzgar la probabilidad de ocurrencia, describiendo la situación que se presente.
- **Sismicidad:** La sismicidad puede evaluarse a partir de trabajos o mapas publicados o mediante consultas.
- **Erosión:** En la gran mayoría de los casos, los procesos de **erosión hídrica** no suponen una pérdida de suelo en las superficies alteradas por la minería, puesto que los suelos que originalmente cubrían la superficie del terreno se eliminaron por la apertura de frentes o huecos de explotación, se decaparon para proporcionar explanadas donde asentar talleres, parques o cualquier clase de instalaciones o fueron sepultados por depósitos de residuos. Sin embargo, a veces se producen procesos de erosión inducida, como por ejemplo: la pérdida de suelos que se produce por cárcavas o arroyaderos (*bossorocas*) que nacen en cabeceras de taludes de frentes, o límites de huecos de explotación. También puntualmente se presentan fenómenos de sufusión que afectan a parcelas o estructuras limítrofes.
- **Otros:** Cuando se sepa de la existencia, o se prevén eventos que no se correspondan con ningún ítem anterior, se anotarán en el subapartado correspondiente a "**Otros**".

#### 4.10.2. Problemas de seguridad a las personas.

Los problemas de seguridad son muy diversos. Algunos de ellos están relacionados con la presencia de piques o pozos, socavones u otras labores mineras que pudieran haber quedado accesibles. Entre ellas pueden incluirse también las típicas depresiones cónicas que se forman en la embocadura de pozos y chimeneas que están conectadas labores subterráneas debido a procesos de subsidencia. También se han de incluir todos los posibles desniveles verticales, extraplomados o de gran pendiente originados por la excavación. Otros posibles elementos de riesgo son los taludes inestables que pueden romperse instantáneamente, así como los puntos donde se producen desprendimientos y caída de rocas. También son destacables las posibles caídas a masas de agua sin salida, así como todos los que se pueden deber a la posible rotura de elementos constructivos en instalaciones en estado de abandono.

- **Caída en pozos, piques, taludes, etc.:** En las minas subterráneas abandonadas, la posibilidad de ocurrir accidentes de caída de personas en un pique o pozo se juzga por la "frecuencia del acercamiento de personas" y la "forma y situaciones de la bocamina y sus alrededores". Si la bocamina de un pique está en un lugar imposible de acercarse, no hay ninguna posibilidad de que ocurran accidentes. Por otro lado, si hay piques al lado de los caminos donde transitan muchas personas o cerca de una población, la posibilidad de que sucedan accidentes es alta. También dicha posibilidad es alta cuando no hay barreras o letreros que indiquen la existencia de piques en su entorno, cuando su alrededor es de forma cónica, o cuando es difícil distinguir la localización de la bocamina por la vegetación.

Con relación a las paredes remanentes de la mina a cielo abierto o los depósitos de residuos, hay peligro de que las personas sufran caídas desde su parte superior. Si el acceso es fácil y frecuente para las personas, la posibilidad de ocurrir un accidente es alta.

- **Accidentes en una galería abierta:** Las minas subterráneas pueden ser objeto de interés para las personas. Las galerías son oscuras, por lo tanto hay muchas posibilidades de ocurrencia de accidentes, como contusión, tropiezos, caídas, o desastres como hundimientos, falta de oxígeno, extravío, etc. Como no se pueden verificar todas las posibilidades de ocurrencia de accidentes, igual que el caso de la posible caída en

un pique, se ha de juzgar por la “frecuencia del acercamiento de personas” y “situaciones de la bocamina y sus alrededores”. Por ejemplo, aunque la bocamina este en un lugar de fácil acceso, si el socavón es corto y de roca firme, la posibilidad de accidente será “baja”.

- **Colapso de paredes, taludes, etc.:** Dentro de una mina abandonada pueden existir pendientes empinadas físicamente inestables y susceptibles de derrumbarse, o desprender masas de rocas, bloques o piedras sueltas, como por ejemplo los taludes remanentes de una mina a cielo abierto. La posibilidad de colapsos se juzgará por el estado de la roca, la existencia de voladizos, la pendiente o naturaleza del terreno, la existencia y posición de grietas en paredes, la presencia de desprendimientos, etc.
- **Accidentes en masas de agua:** Algunas minas a cielo abierto abandonadas han acumulado agua, pudiéndose convertir en lugares atractivos para la recreación. No obstante, tales masas de agua pueden tener concavidades o convexidades de rocas peligrosas debajo de la superficie del agua, orillas de excesiva pendiente o resbaladizas, o el agua puede estar muy fría, habiendo posibilidad de que ocurran accidentes.

La probabilidad de accidentes se determinará por la “frecuencia del acercamiento de la gente” y las situaciones del lugar donde hay agua, evaluadas con la observación visual. Los accidentes en el agua pueden causar la muerte en muchas ocasiones, por lo tanto las consecuencias son de enorme gravedad.

- **Accidentes en instalaciones abandonadas:** En las áreas mineras muchas veces se encuentran instalaciones abandonadas, como plantas de concentración, materiales diversos de construcción y equipos móviles y fijos. Tales instalaciones, equipos y materiales dejados por mucho tiempo, pueden estar deteriorados por el desgaste u oxidación, por lo cual, y siempre que la gente tenga acceso fácil, se pueden producir diversos tipos de accidentes (golpes, heridas corto-punzantes, etc.).
- En las actividades mineras se usan sustancias peligrosas como reactivos y explosivos. En minas abandonadas, de vez en cuando se encuentran tales sustancias remanentes, muchas veces en las proximidades de instalaciones. En la cumplimentación de la Ficha de Inventario, se necesita explorar el terreno de la mina y confirmar la existencia o no de estos materiales peligrosos. Las sustancias encontradas en terreno se han de muestrear y someter a análisis químico.

La posibilidad de ocurrir accidentes por sustancias peligrosas se determinará en base a la frecuencia de contactos de las mismas con la gente o el medioambiente.

- **Otros:** Cuando haya o se prevean eventos que no correspondan a ningún ítem anterior, deberán ser anotados en el espacio reservado a “Otros”.

## 5. PROCEDIMIENTO PARA LA CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS/ PARALIZADAS

Para la correcta cumplimentación de la Ficha Inventario y la consiguiente optimización de tiempo y esfuerzo, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

### a) Recopilación de información y preparación de la campaña de campo.

Al inicio del trabajo se recopilará cuanta información relativa a la mina abandonada – paralizada pueda ser recabada en el propio Servicio geológico o en otras instituciones. Con esta información se cumplimentarán, en su caso, los ítems de la ficha inventario que procedan. Si fuera necesario, se obtendrán los permisos necesarios para acceder al sitio minero y se comprobará en buen funcionamiento de los equipos de medición que sean necesarios para la subsiguiente campaña de campo.+

### b) Trabajos de campo

En esta etapa, en la medida de lo posible, se procurará obtener información de antiguos trabajadores de la mina, o de los habitantes locales que conozcan el lugar, se cumplimentarán los ítems de la Ficha – Inventario con la información obytendida en el terreno y, en su caso, se tomarán muestras de aguas, sedimentos, etc., para su posterior análisis.

**c) Trabajos de laboratorio y revisión de la ficha . Inventario en función de los resultados.**

Las muestras tomadas en el campo se enviarán al laboratorio que corresponda para su estudio. Una vez analizadas se revisarán, para confirmar o modificar, los ítems de la Ficha – Inventario que, eventualmente, deban ser reconsiderados.

**d) Ingreso a base de datos**

Una vez cumplimentada la ficha – Inventario en su totalidad, los datos en ella recogidos se ingresarán en la correspondiente base de datos.

**PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**

**MANUAL PARA EL INVENTARIO DE  
MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS**

---

**ANEXO I**

**FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS/PARALIZADAS**

**CROQUIS DE SITUACIÓN Y HOJA DE MUESTREO**

## FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS/PARALIZADAS

Código Id.

Ficha número

### 1. Identificación de la Mina

Nombre de la Mina A/P   
 Empresa/Propietario:   
 Ubicación Longitud:  Latitud:  Altitud (msnm)  Datum   
 Región:  Prov.:  Comuna/Municipio  Paraje:   
 Mapa Topográfico N°:  Nombre:  Escala:   
 Accesibilidad:  Con vehículo  A pie /a caballo  Inaccesible  Croquis

### 2. Tipo de Minería

Metálica:  No Metálica:

Sustancia/s:

### 3. Estado y Tipo de Mina

Estado:  Abandonada desde el año:   
 Paralizada desde el año:  Hasta el año:   
 Tipo:  Subterránea  Cielo abierto  
 Labores accesibles Si  No   
 Inundada No  Si  Color del agua  pH   
 Efluentes No  Si  Color del agua  pH   
 Tamaño del hueco (m) Ancho:  Largo:  Prof.:  Volumen estimado (m³):   
 Observaciones:

### 4. Estado y Tipo de Planta

Trituración/molienda:  Cribado  Lavadero:  Flotación:  Lixiviación:  Precipitación:  SXEW:   
 Refinación:  Tostación:  Cianuración:  Amalgam.:  Fusión/convers.:  Otras:   
 Observaciones:

### 5. Depósitos de Residuos

Desmote/botadero:  Relaves:  Residuos de lixiviación:  Residuos de evap/precip.   
 Residuos industriales:  Escorias:  Otros acopios:   
 Tamaño del depósito (m) Ancho:  Largo:  Altura:  Volumen est. (m³):  Color   
 Observaciones:

### 6. Sustancias peligrosas utilizadas

Mercurio:  Cianuro:  Ácido sulfúrico:  Otros:

Observaciones:

### 7. Situación del entorno

	Distancia (m)	Descripción
<input type="checkbox"/> Viviendas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Infraestructura vial	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Infraestructura urbana	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Áreas agrícolas y/o ganaderas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Explotación forestal	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Bosque y/o vegetación natural	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Especies y ecosistemas valiosos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Otros	<input type="text"/>	<input type="text"/>

#### Entorno geológico

Rocas del sustrato: Sedimentarias  Volcánicas  Volcano-sedimentarias  Intrusivas  Metamórficas   
 Morfología: Cono deyección  Valle  Ladera  Terraza  Rampa  Altiplanicie  Litoral

Observaciones:

**8. Situación del agua**

Cauce cercano, lago, canal, etc. No  Si  Distancia aproximada (m):

Uso del agua No se usa  Consumo humano  Agrícola  Industrial  Otros

Nombre/s de la secuencia de afluentes:  >>>  >>>

>>>  >>>  >>>  >>> Mar

Información sobre aguas subterráneas No:  Si:  Descripción:

Información sobre precipitaciones No:  Si:  Estación:  Cantidad(mm):

Información sobre clima o bioclima No:  Si:  Tipo:

Observaciones:

**9. Muestreo**

Agua:  No  Si (ver hoja de muestreo) Referencia:

Otros:  No  Si (ver hoja de muestreo) Referencia:

**10. Identificación preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas**

**Probabilidad de ocurrencia**

**0: NULA** ..... No puede ocurrir **1: BAJA** ..... Quizás no ocurra

**2: MEDIANA** ..... Posiblemente ocurra **3: ALTA** ..... Seguramente ocurra o ha ocurrido

Procesos	Probabilidad	Descripción
<b>Impactos ambientales</b>		
Contaminación de aguas	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Generación de polvo	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Degradación de la cubierta vegetal	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Arrastre de residuos a otras áreas	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<b>Procesos geodinámicos u otros presentes en el entorno</b>		
Hundimientos/subsistencia	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Movimientos en masa	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Inundación	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Sismicidad	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Erosión	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<b>Problemas de seguridad a las personas</b>		
Caidas en pozos, piques, taludes, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Accidentes en una galería abierta	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Colapso de paredes, taludes, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Accidentes en masas de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Accidentes en instalaciones abandonadas	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Observaciones:

Fecha:

Inspector:

Firma: \_\_\_\_\_

Incidencias:





## HOJA DE MUESTREO ANEXA A LA FICHA INVENTARIO DE MINAS ABANDONADAS/PARALIZADAS

Código Id.

Ficha número

Fecha	Nº Muestra	Tipo de Muestra	Ubicación				Medidas de campo			
			Descripción	Coordenada Norte	Coordenada Este	Cota (m)	Temperatura de Agua (C°)	Volumen de Muestra (ml)	pH	Conductividad (µS/cm)

**PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**

**MANUAL PARA EL INVENTARIO DE  
MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS**

---

**ANEXO II**

**CÓDIGOS ISO-3166 A2 DE LOS PAÍSES DE IBEROAMÉRICA Y  
LA PENÍNSULA IBÉRICA**

## CÓDIGOS ISO-3166 A2 DE LOS PAÍSES DE IBEROAMÉRICA Y LA PENÍNSULA IBÉRICA

PAÍS	CÓDIGO	PAÍS	CÓDIGO
Andorra	AD	España	ES
Argentina	AR	Guatemala	GT
Belize (*)	BZ	Honduras	HN
Bolivia	BO	México	MX
Brasil	BR	Nicaragua	NI
Canadá (*)	CA	Panamá	PA
Chile	CL	Paraguay	PY
Colombia	CO	Perú	PE
Costa Rica	CR	Portugal	PT
Cuba	CU	Puerto Rico	PR
Ecuador	EC	Uruguay	UY
El Salvador	SV	Venezuela	VE

(\*) Belize ha solicitado participar en las Cumbres Iberoamericanas y el Servicio Geológico de Canadá es miembro de ASGMI.

**PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**

**MANUAL PARA EL INVENTARIO DE  
MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS**

---

**ANEXO III**

**GLOSARIO DE TÉRMINOS MINEROS Y AMBIENTALES DE USO COMÚN  
EN IBEROAMÉRICA Y EN LA PENÍNSULA IBÉRICA**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS MINEROS Y AMBIENTALES DE USO COMÚN EN IBEROAMÉRICA Y EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

---

**Acopio:** 1. Acción y efecto de acopiar (DRAE). 2. Se entiende como el lugar donde se ubican materiales de diversa naturaleza (mineral, gravas, arenas, tierras, etc.), así como la estructura tridimensional que resulta de la acumulación o vertido de dichos materiales.

**Agregados (áridos, en España):** Son todos aquellos materiales líticos que debidamente fragmentados y/o clasificados sirven para incorporarse a morteros, hormigones, prefabricados o aglomerados asfálticos. Otros usos en obras de ingeniería civil son: construcción de bases y subbases de carreteras, balasto, enrocado de presas, obras de protección de costas y márgenes de ríos con escolleras. Hacen parte de los agregados las arenas, las gravas y los triturados pétreos o áridos de machaqueo.

**Actividades mineras:** Las actividades desarrolladas para la extracción y beneficio de rocas y minerales, tales como: prospección, exploración, explotación, arranque y almacenamiento de sustancias minerales o rocas, así como los procesos de trituración, molienda, beneficio, refinación, aserrado, tallado, pulido, lustrado, y otros que puedan surgir de nuevas tecnologías, y la disposición de residuos, cualquiera sea su naturaleza.

**Amalgama:** 1. Aleación de mercurio, generalmente sólida o semilíquida (RAE). 2. Aleación de mercurio con oro o plata. Al entrar en contacto con el mineral, las partículas de mercurio se adhieren con el oro o plata, formando una masa plástica de la cual se puede separar el oro por medio de una posterior destilación o el quemado directo.

**Amalgamación:** Acción y efecto de amalgamar, frecuentemente como método de extracción de metales nobles (DRAE).

**Balsa:** 1. Hueco del terreno que se llena de agua, natural o artificialmente (RAE). 2. Instalación de residuos mineros natural o construida para la eliminación de residuos mineros de grano fino junto con cantidades diversas de agua libre, resultantes del tratamiento y beneficio de recursos minerales y del aclarado y reciclado del agua usada para dicho tratamiento y beneficio (Real Decreto 975/2009, del Estado Español, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras).

**Beneficio de los minerales:** Conjunto de procesos de separación, molienda, trituración, lavado, concentración y otras operaciones similares, a los que se somete el mineral extraído para su posterior utilización o transformación.

**Botadero:** Depósito de residuos de desmonte o estériles mineros.

**Calcinación:** Acción de someter los minerales al calor con el objetivo de eliminar los productos volátiles (agua, dióxido de carbono y otros gases), modificando su composición química. Incluye los conceptos tales como cocción y clinkerización.

**Cancha:** 1. Terreno, espacio, local o sitio llano y desembarazado (DRAE). 2. Espacio en el cual se acumula, tanto en la mina como en la planta, minerales, concentrados, materiales de desmonte, etc., en espera de su destino final.

**Cancha de relaves:** Presa o balsa de relaves.

**Cantera:** Se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer rocas o minerales no disgregados, utilizados normalmente como material de construcción.

**Cárcava:** Surco o arroyadero de dimensiones decimétricas a métricas formado por escurrimiento concentrado de agua de escorrentía. Representan el estado más avanzado de la erosión en surcos.

**Chimenea:** 1. Labores inclinadas o verticales que se abren desde abajo hacia arriba (Decreto Supremo N° 132/02, de la República de Chile, por el que se aprueba el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento de Seguridad Minera). 2. En minería subterránea, labor vertical que se utiliza para proporcionar ventilación y permitir la conexión de diferentes servicios: cableados eléctricos, tuberías de conducción de agua y aire comprimido, etc.

**Cianuración:** Método para extraer oro o plata a partir de un mineral triturado o molido, mediante disolución en una solución de cianuro de sodio o potasio.

**Cierre:** 1. Terminación de actividades mineras o desmantelamiento del proyecto originado por renuncia, caducidad o extinción de los derechos del titular minero. Es la última etapa del desarrollo de un proyecto minero y se presenta cuando los márgenes de rentabilidad no son los adecuados por un bajo tenor (baja ley) o como consecuencia del agotamiento de las reservas. 2. Acto de cerrar cualquier labor minera, generalmente subterránea, cuando finalizan las labores extractivas, con el fin de evitar riesgos de accidentes y facilitar la recuperación de los terrenos (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Clinkerización:** Es el producto de la cocción, a altas temperaturas, de carbonatos, silicatos y óxidos de hierro y de alúmina que al ser molidos finamente con otros materiales genera cementos *portland*, especiales y blancos (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Colas (relaves):** Mezcla de residuos finos y agua resultantes de procesos de lixiviación y concentración de minerales (principalmente por flotación).

**Concentración (beneficio):** Operación unitaria en la cual se busca eliminar el material que no es de interés económico con el fin de disminuir el volumen de mineral a procesar. Para esta separación se pueden utilizar métodos físicos, químicos o biológicos (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Concentración por medios densos:** Método de concentración que se basa en la diferencia de densidades entre el fluido empleado para la operación y los minerales a separar. Durante el proceso, las partículas más densas que el fluido se hunden, mientras las menos densas flotan (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Contaminación:** Se entiende por contaminación la adición de cualquier sustancia al medio ambiente en cantidades lo suficientemente importantes como para causar efectos mensurables o medibles sobre los seres vivos, el suelo, el agua o la atmósfera, o que se presenten en cantidades que sobrepasen los niveles normales de los que se encuentran en la naturaleza.

**Cribado:** Operación de clasificación que permite hacer una separación por tamaños de un mineral mediante una criba, la cual deja pasar los granos de dimensiones inferiores a su abertura, mientras los granos de dimensiones superiores son retenidos y evacuados separadamente (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Depósito de Relaves:** Toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente, definitivo de los materiales sólidos proveniente del relave

transportado desde la Planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos (Decreto Supremo 248/06, de la República de Chile, por el que se aprueba el Reglamento de Diseño, Construcción, operación y Cierre de los Depósitos de Relaves).

**Desechos tóxicos (residuos tóxicos):** También denominados desechos peligrosos. Son materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables, que los hacen peligrosos para el ambiente y la salud de la población.

**Destilación:** Método utilizado en la recuperación de oro a partir de la amalgama, que consiste en la liberación del mineral, condensando los vapores formados para separarlos.

**Drenaje ácido de mina (drenaje ácido de roca):** Aguas de carácter ácido, ricas en sulfatos, hierro y metales pesados, procedentes de la oxidación de disulfuros y de la hidrólisis de cationes como el  $Al^{3+}$  y el  $Fe^{3+}$ . Se forman sobre la superficie de residuos mineros, labores subterráneas, cortas mineras o taludes excavados en roca, en presencia de agua y oxígeno, con intervención en la mayor parte de los casos de bacterias quimiolitotróficas.

**Ecosistema:** Sistema biológico resultante de la integración y la interacción de todos o de un número limitado de elementos o factores abióticos y bióticos de un determinado sector de la biósfera.

**Efluente:** Vertido líquido de origen minero, agropecuario, sanitario, industrial o urbano.

**Embalse de relaves:** Depósito de relaves donde el muro de contención está construido con material de empréstito y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. La impermeabilización puede estar realizada con un material natural de baja permeabilidad o de material sintético como geomembrana de alta densidad. También se llaman embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere la construcción de un muro de contención (Decreto Supremo 248/06, de la República de Chile, por el que se aprueba el Reglamento de Diseño, Construcción, operación y Cierre de los Depósitos de Relaves).

**Escombrera:** 1. Conjunto de escombros o desechos o sitio donde se echan los escombros (DRAE). 2. Depósito donde se disponen o vierten los materiales o residuos no aprovechables (estériles) procedentes de las labores de extracción minera. 3. Espacio de terreno destinado al depósito o vertido de materiales procedentes de las capas de rocas y suelos de recubrimiento extraídos en labores de desmonte, así como estériles y otros desechos sólidos procedentes de la explotación o el beneficio de los minerales.

**Escoria:** Masa vítrea de baja densidad resultante de los procesos de fundición y refinación de metales, que contiene la mayor parte de las impurezas de la materia prima (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Estéril:** 1. Se dice de las rocas que prácticamente no contienen minerales de valor recuperables, que acompañan a los minerales de valor y que es necesario remover durante la operación minera para extraer el mineral útil. (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia). 2. En minería de carbón, capas distintas a las de carbón y capas que lo contienen, pero son excesivamente delgadas (carboneros) como para que sea rentable explotarlas. 3. En depósitos minerales lixiviados, se dice de una solución de la cual los minerales de valor disueltos han sido removidos por precipitación, intercambio de iones, o por extracción por solventes (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia). 4. Escombros que se forman cuando se realizan operaciones de desmonte para la apertura de huecos o avance de frentes de explotación, consistentes en suelos y rocas de recubrimiento (cobertera, *overburden*).

**Extracción por solventes:** Proceso que consiste en poner en contacto un reactivo de origen orgánico (derivado del petróleo) con una solución impura, para extraer de ésta selectivamente el cobre, y dejar atrás las impurezas. En una segunda etapa, el reactivo cargado con cobre es puesto en contacto con una solución acuosa de sulfato



de cobre y alto contenido de ácido (electrolito), que descarga el reactivo, obteniéndose una solución susceptible de ser usada en la recuperación electrolítica (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Flotación:** Proceso de concentración mediante el cual las partículas de un mineral son inducidas a adherirse a las burbujas creadas por un agente espumante presente en la pulpa, que las hace flotar (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Galería:** Excavación minera subterránea horizontal.

**Instalaciones mineras:** Edificio o grupo de edificios, así como los equipos que albergan, en los cuales se ejecutan procesos u operaciones de tratamiento de rocas o beneficio de minerales, así como todos los otros edificios necesarios para el normal funcionamiento de la explotación minera: almacenes, transformadores eléctricos, talleres, oficinas, etc.

**Jales:** Residuos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales (Reglamento de la Ley General de los Estados Unidos Mexicanos, del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos).

**Lixiviar:** Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles (DRAE).

**Lixiviación:** Proceso en el cual una solución lixivante, más o menos selectiva, circula por efecto de la gravedad a través de las partículas de mineral triturado y molido, ya sea en el interior de un tanque o sobre el terreno (en eras, celdas o pilas de lixiviación).

**Lodos mineros:** Residuos finos y agua resultantes de procesos de lavado, tratamiento de rocas y concentración de minerales.

**Metal:** 1. Elemento metálico obtenido de un mineral que posee suficiente grado de pureza como para permitir su industrialización. 2. Cuerpo simple, sólido a la temperatura ordinaria, a excepción del mercurio, conductor del calor y de la electricidad, dúctil y que se distingue de los demás sólidos por su brillo especial (brillo metálico).

**Metales base:** En su acepción plural es una denominación de los metales usualmente considerados como de bajo valor y más alta actividad química (cobre, plomo, estaño, cinc, níquel, etc.) cuando se comparan con los metales preciosos (oro, plata, platino, etc.).

**Mina Abandonada:** 1. Es aquella de la cual su dueño hace dejación con el ánimo de desprenderse del dominio de la misma. 2. Operación minera que se encuentra clausurada. 3. Excavación, derrumbada o sellada, que ha sido abandonada y en la cual no se pretende llevar a cabo operaciones mineras futuras (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Mina Paralizada:** es aquella que se encuentra detenida por cualquier causa, sea temporal o definitiva, excluyendo detenciones por razones operacionales, de mantenimiento u otras habituales en una instalación minera en operación.

**Mineral metálico:** Mezcla de minerales y ganga de la cual es posible extraer y vender con ganancia al menos uno de los metales contenidos en él.

**Minerales metálicos no ferrosos:** Metales y compuestos que no contienen cantidades apreciables de hierro; menas cuya explotación no se debe esencialmente al contenido de hierro.

**Minería a cielo abierto (tajo abierto):** Conjunto de tareas o actividades de aprovechamiento o explotación de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos que se desarrollan desde la superficie del terreno, haciendo uso de maquinaria de movimiento de tierras y/o explosivos.

**Minería subterránea:** Extracción minera que se realiza en el subsuelo, por medio de túneles, galerías, cámaras, pozos, etc.

**Molienda:** Operación de reducción de tamaño de un mineral realizada posteriormente a la trituración; puede ser de tipo primario o secundario según el tamaño requerido del producto (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Notación Munsell:** Sistema de clasificación y especificación de los colores publicado por el científico estadounidense Albert Munsell en 1915, que ha sido muy empleado en ciencias de la tierra, especialmente por los especialistas de la ciencia del suelo.

**Pasivos Ambientales Mineros:** 1. Instalaciones mineras, tales como, labores abiertas o subterráneas, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minería abandonada o inactiva, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, para la biodiversidad y para el medio ambiente (ASGMI, Acta de acuerdos Santa Cruz, 2008). 2. Instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (LEY N° 28271, de la República de Perú, que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera).

**Peligro:** Contingencia inminente de daño potencial o una situación con potencial de causar daño (Manual de Evaluación de Riesgos de FMA/P, SERNAGEOMIN, Chile).

**Pique:** 1. Labor subterránea y empinada de dimensiones reducidas, generalmente sobre veta. 2. Labores verticales o inclinadas, que se corren de arriba hacia abajo (Decreto Supremo N° 132/02, de la República de Chile, por el que se aprueba el texto refundido, coordinado y sistematizado del Reglamento de Seguridad Minera).

**Presa (represa):** Estructura construida y diseñada para contener agua o residuos mineros en una balsa. (Real Decreto 975/2009, del Estado Español, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras).

**Presa de relaves (presa de colas, dique de colas)** Obra de infraestructura construida para almacenar o represar los relaves, colas y desechos acuosos originados durante el beneficio de los minerales.

**Rehabilitación:** Acciones destinadas a devolver a los terrenos degradados la posibilidad de soportar uno o más usos del suelo, al tiempo que llegan a ser ecológicamente estables, de manera que no contribuyan sustancialmente al deterioro ambiental, y se integren en el paisaje circundante.

**Relaves (colas):** 1. Residuos finos y agua resultantes de procesos de lixiviación y concentración de minerales (principalmente por flotación). suspensión de sólidos en líquidos, formando una pulpa, que se generan y desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina. El vocablo se aplicará, también, a la fracción sólida de la pulpa que se ha descrito precedentemente. (Decreto Supremo 248/06, de la República de Chile, por el que se aprueba el Reglamento de Diseño, Construcción, operación y Cierre de los Depósitos de Relaves).

**Remediación:** Conjunto de acciones y medidas adecuadas para el control, reducción o eliminación del riesgo, para la vida o salud de las personas o al medio ambiente, de un pasivo ambiental minero, hasta un grado tal que

el riesgo se reduce a un nivel aceptable (no significativo) y con ello el PAM deje de ser tal (Manual de Evaluación de Riesgos de FMA/P, SERNAGEOMIN, Chile).

**Ripio:** Residuo que queda de algo (DRAE).

**Riesgo:** Es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y su consecuencia (Manual de Evaluación de Riesgos de FMA/P, SERNAGEOMIN, Chile).

**Tostación:** Oxidación de un sulfuro metálico mediante su calentamiento en presencia de aire u oxígeno, formándose un óxido que puede ser posteriormente reducido a la forma metálica (Glosario Técnico Minero, Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia).

**Tranque de relaves:** Aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (Decreto Supremo 248/06, de la República de Chile, por el que se aprueba el Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves).

**Trituración (chancado):** Proceso por el cual el mineral es fragmentado para reducir el tamaño original. En ocasiones se realiza en varias etapas (primaria, secundaria, terciaria, o gruesa, media y fina) para terminar en circuitos de molienda. Este proceder tiene como objetivo reducir los costos de energía, pues la reducción de tamaños en una sola etapa suele incurrir en mayores gastos energéticos.

**Toxicidad:** La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud humana o en los ecosistemas.

**Trinchera:** Excavación en la superficie del terreno más o menos profunda que se realiza normalmente con fines de reconocimiento o exploración.

**Túnel:** Labor subterránea más o menos horizontal que tiene dos salidas a la superficie. En ocasiones se usa como sinónimo de galería de acceso.

**PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**  
**MANUAL PARA EL INVENTARIO DE**  
**MINAS ABANDONADAS O PARALIZADAS**

---

**ANEXO IV**  
**RECOMENDACIONES SOBRE EMPLEO DE**  
**LA NOTACIÓN DE COLORES MUNSELL**

## RECOMENDACIONES SOBRE EMPLEO DE LA NOTACIÓN DE COLORES MUNSELL

---

### INTRODUCCIÓN

El color de un material (roca, sedimento, suelo, precipitado o residuo minero) es un carácter fácilmente observable que está relacionado claramente con la composición química o mineralógica del mismo. Sin embargo, matices de color semejantes pueden ser el resultado de causas distintas, por lo que no siempre el color es reflejo inequívoco de una determinada composición o proceso. No obstante, la combinación de la información que aporta el color, unida a otra serie de observaciones y datos disponibles puede ser altamente valiosa.

La importancia que se ha dado al color en las ciencias de la tierra parece aumentar cuanto más cercano a la superficie es el objeto de estudio de los especialistas. Así, donde se ha mostrado más útil la observación del color ha sido en estudios sedimentológicos, geomorfológicos y, sobre todo, pedológicos. Desde hace ya bastante tiempo, el color del suelo es reconocido como un indicador del estado de aireación del suelo (estado de oxido-reducción) y del contenido en materia orgánica, así como del estado evolutivo del mismo, según en que grado persista la coloración de la roca madre en los horizontes del suelo o, por el contrario, el grado de diferenciación de horizontes reconocido por sus respectivos colores y el nivel de enrojecimiento (entre otras características).

Recientemente se ha reconocido que las condiciones climáticas a lo largo del tiempo transcurrido desde el cese de actividad de un depósito de relaves mineros genera una diferenciación vertical, formándose un frente de oxidación descendente reconocible por bandeados y colores muy distintos de los que se aprecian a mayor profundidad. Un estudio detallado de dichos residuos debería tener en consideración dicha diferenciación vertical. Sin embargo, para los objetivos que pueden ser asumidos en un programa de inventario de minas abandonadas, puede ser suficiente la observación del color en superficie. La apreciación del color de la superficie del terreno puede servir, en primer lugar, para establecer subdivisiones a la hora de planificar una investigación o una campaña de toma de muestras superficiales, junto con otras características visibles tales como: pendiente, orientación, apariencia externa (pedregosidad, presencia de precipitados), presencia, tipo, porte y densidad de la vegetación, o su total ausencia, etc.

### USO DEL SISTEMA DE NOTACIÓN DEL COLOR SEGÚN MUNSELL

Puede decirse que la catalogación de la percepción humana del color se inició de verdad con la publicación en 1905 del tratado *A Color Notation* a la que siguió en 1915 *Atlas of the Munsell Color System*, originales de un artista con amplios conocimientos científicos y técnicos llamado Albert Henry Munsell. Ningún otro sistema de estudio del color ha persistido tanto tiempo con éxito comercial y ha ejercido tanta influencia.

Dicho sistema de clasificación y especificación de los colores ha sido el más empleado por los profesionales de las ciencias de la tierra, especialmente por los especialistas de la ciencia del suelo, si bien es también utilizado por profesionales de otras áreas completamente distintas del conocimiento, que van desde la arqueología a las artes gráficas, pasando por la medicina forense.

La sistematización ideada por Munsell utiliza tres atributos: el **matiz**, la percepción de la luminosidad o **luminosidad** (denominada valor Munsell) y la **saturación cromática**. El matiz (*hue*, en inglés) es la propiedad por la que un color produce una sensación semejante a la producida por uno de los colores puros percibidos —rojo, amarillo, verde y azul— o por una combinación de dos de ellos. La luminosidad (*value* en inglés) es nuestra percepción del brillo de un objeto con respecto al brillo de un objeto que aparezca como blanco al ojo



humano bajo una iluminación semejante. Es frecuente confundir los atributos de brillo y luminosidad. Se llama brillo a la percepción absoluta de la cantidad de luz emitida por un estímulo; la luminosidad viene a ser el brillo relativo. Nuestro sistema visual responde generalmente a la luminosidad, no al brillo. Por último, la saturación cromática (*chroma*, en inglés), que también es una medida relativa, viene a medir la diferencia entre la viveza o intensidad de un color y la ausencia de viveza que posee el color gris. Por asimilación de significados, es posible encontrar en la bibliografía el empleo de la palabra tono en lugar de matiz, brillo; o claridad por luminosidad; e intensidad cromática o pureza para hacer referencia a la saturación cromática.

El matiz se expresa en una escala angular (ver figura 1). Las letras mayúsculas que acompañan a los colores son las iniciales de los mismos en inglés. Se fijan cinco matices principales: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P), los cuales se sitúan a intervalos equidistantes hasta cerrar el círculo cromático. Luego se intercalan otros cinco matices intermedios: amarillo-rojo (YR), verde-amarillo (GY), azul-verde (BG), púrpura-azul (PB) y rojo-púrpura (RP). Cada uno de los matices tiene diferentes gradaciones que se especifican mediante números entre cero y diez (2.5, 5.0, 7.5, y 10=0) colocados antes de la letra correspondiente.

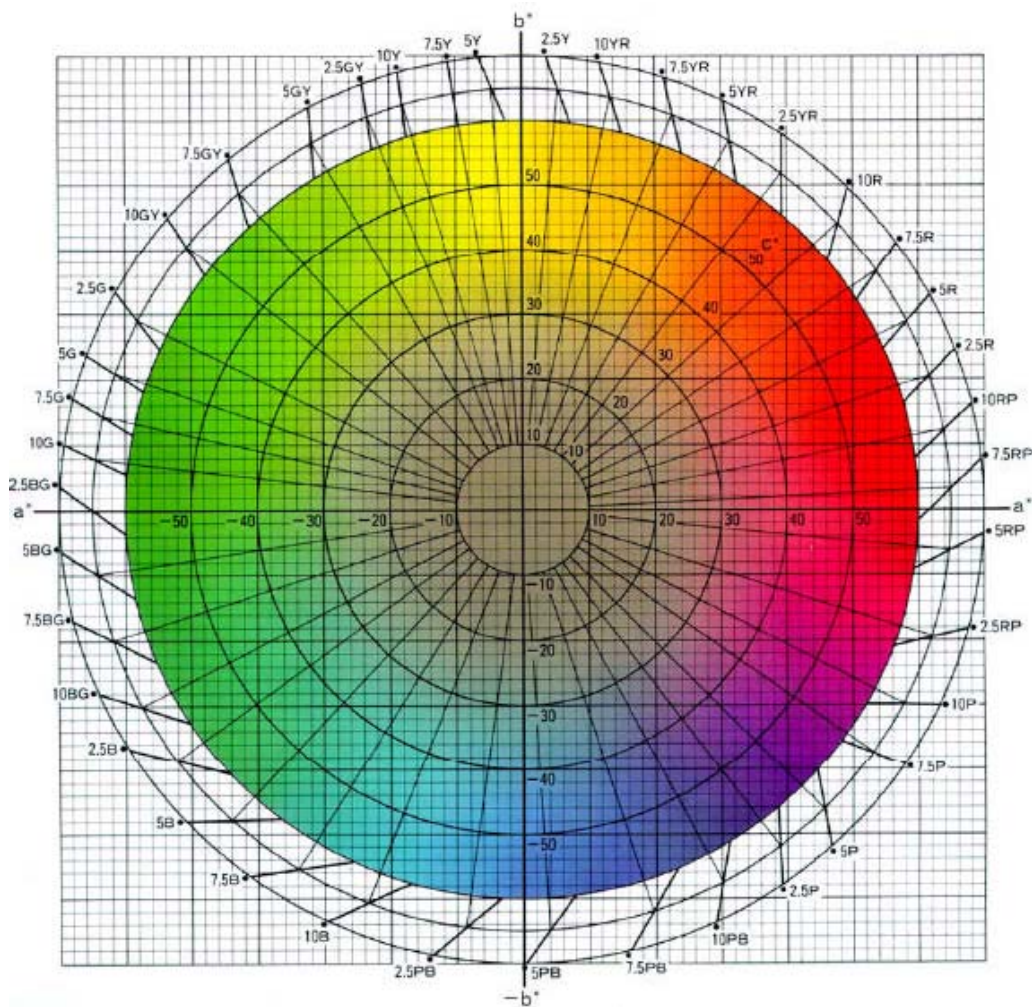


Figura 1

Puede imaginarse que si los saltos en unidades de matiz no se fijaran en 2.5 unidades, existirían infinidad de matices, como por ejemplo 3.2 YR. Normalmente, en las tablas corrientemente empleadas para la determinación de colores de suelos según el sistema Munsell se han mantenido los cambios de matiz cada 2.5 unidades, aunque dependiendo del uso que se le vaya a dar, existen libros y tablas con mayor desagregación de matices (por ejemplo, como instrumento de trabajo en artes gráficas). Las tablas diseñadas para la identificación de colores de suelos emplean aproximadamente una cuarta parte de todos los matices escritos alrededor del círculo cromático mostrado en la figura anterior. Si se observa nuevamente el círculo cromático, puede apreciarse que el

cromatismo se atenúa desde afuera hacia dentro, de tal modo que en el centro mismo el color es (o debería ser) gris. Esto es lo mismo que mostrar la gradación debida al atributo que se ha denominado saturación cromática para los diferentes matices de color. Imaginando que este círculo ocupara la sección ecuatorial de una esfera cuyo polo norte representara al blanco puro (máxima luminosidad) y el polo sur al negro puro (mínima luminosidad), todas las gradaciones posibles entre los colores del círculo y ambos polos representarían, en teoría, todos los colores posibles, tal como los percibe la visión humana.

Las tablas Munsell que normalmente se van a manejar en la caracterización de residuos o materiales presentes en minas abandonadas serán las de suelos o rocas. Conviene advertir que las tablas editadas para identificar el color de rocas contienen normalmente unos 115 colores (tres hojas o cartas de colores), mientras que las de suelos suelen tener unos 322 (doce hojas o cartas de colores), abundando mucho más en matices rojos y amarillos. Las hojas de las tablas representan cada una de ellas un matiz específico que aparece en la parte derecha de dicha página, en una lengüeta. En cada hoja están adheridas una serie de plaquitas, diferentemente coloreadas y sistemáticamente ordenadas con arreglo a los ejes Y (luminosidad o *value*) y X (saturación cromática o *chroma*). En la figura 2 se muestra una imagen que recoge dos páginas de un ejemplar de *Munsell® Soil Color Charts*, de Gretag Macbeth, 2000).

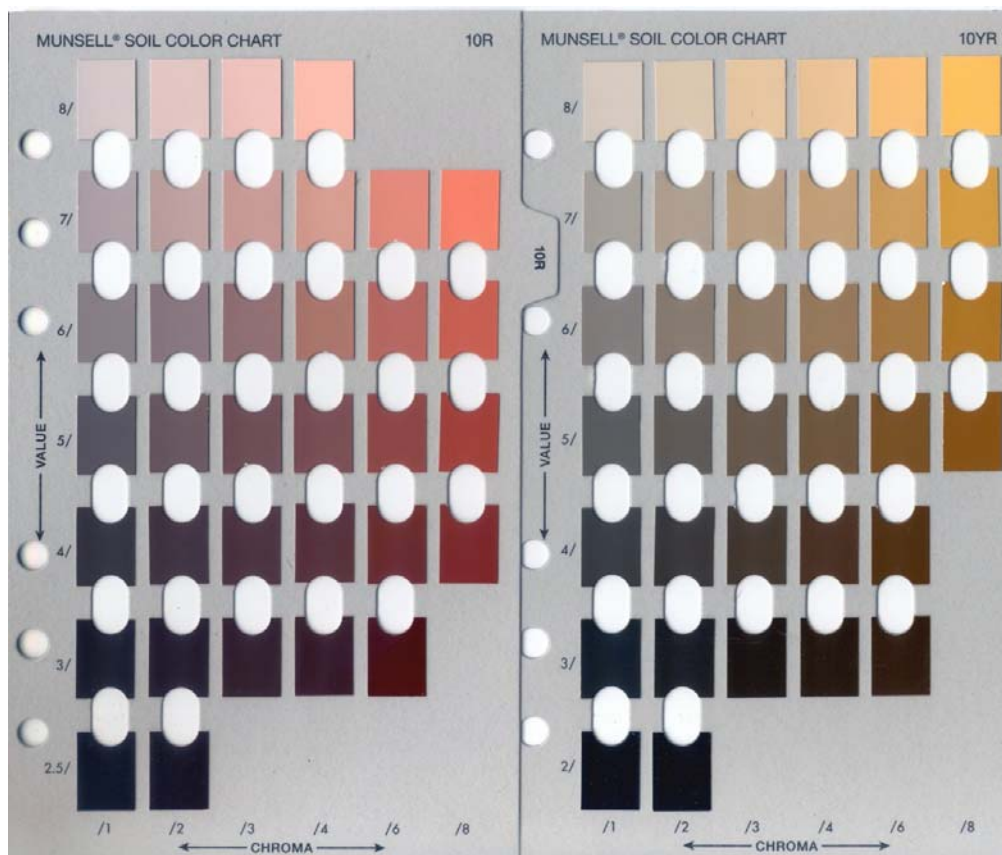


Figura 2

Los colores se identifican aproximando un fragmento, terrón o cucharada del material a calificar a las páginas, o extrayendo las páginas y superponiéndolas al material para mirar a través de los agujeros expresamente destinados a favorecer la comparación a corta distancia.

La designación de un color se hace mediante la fórmula compuesta por el matiz, seguido normalmente de un espacio y de los números correspondientes de la hoja en el orden: *value/chroma* o luminosidad/saturación cromática. Dos ejemplos tomados de la imagen anterior serían: 10R 6/6 y 10 YR. Es admisible que la persona que describe interpole entre dos colores, jugando con las numeraciones de los ejes o designando con palabras: "entre 10YR 7/4 y 7/6", o lo que sería lo mismo: 10YR 7/5.

Un ejemplo gráfico de cómo se establece la denominación de un color según la notación Munsell puede verse en la figura 3: 5B 6/1 (gris azulado). Los colores más comunes de estados reducidos procedentes de diferentes matices se han agrupado en dos páginas específicas llamadas Gley 1 y Gley 2.

Puede observarse en la imagen anterior que junto a cada hoja destinada a soportar las plaquitas coloreadas se aporta otra con designaciones de color agrupadas. Al ser denominaciones en inglés, se admiten diversas traducciones en algunos casos. Por ejemplo, en España se suele traducir *brown* por pardo, siendo también normal en Iberoamérica encontrar que se traduce como café o marrón. De cualquier manera, siempre que se disponga de la designación de letras y números y unas tablas, no podrá haber duda de a qué color se hace referencia, siendo precisamente por esto que existen buenas razones para emplear este sistema de designación del color.

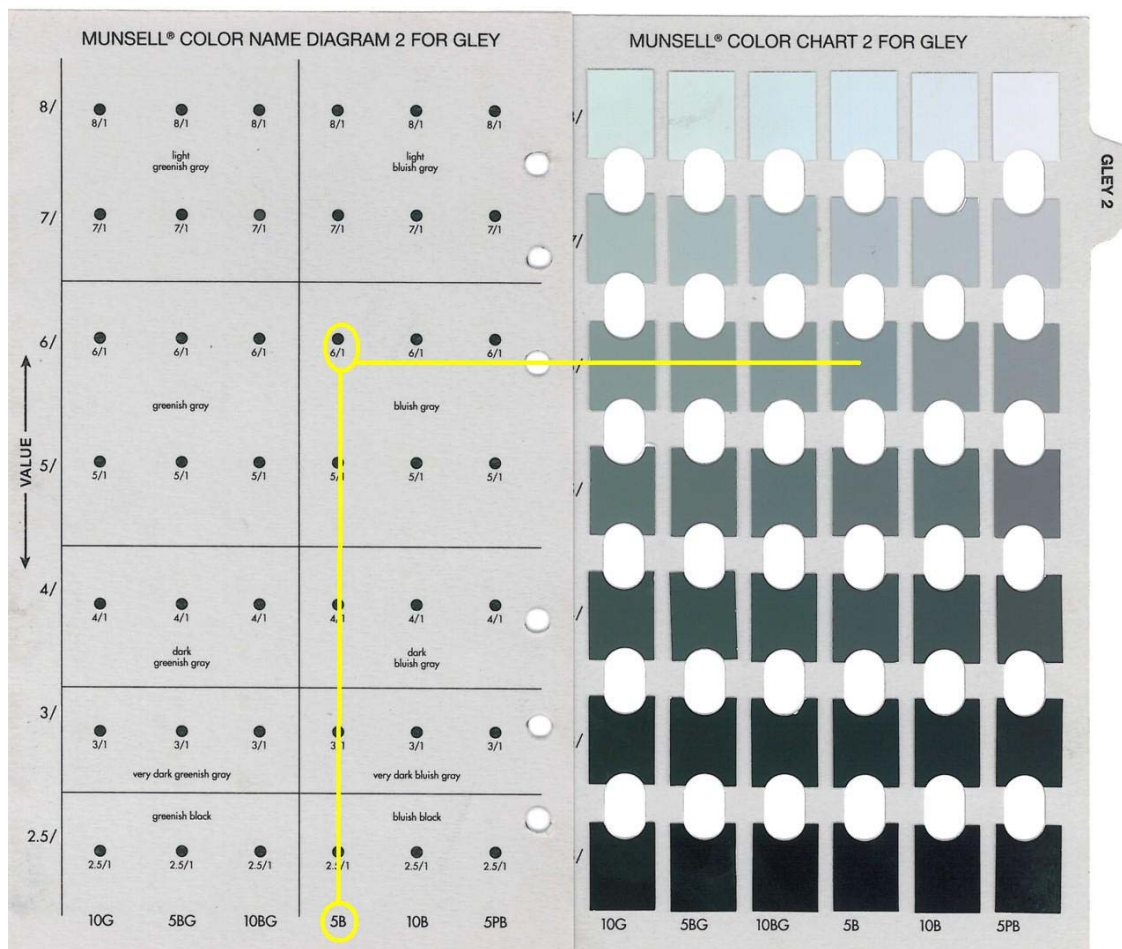


Figura 3