



Evento Regional

Desafíos para la gestión sostenible de los pasivos ambientales mineros

Lima, Perú, 1 de agosto de 2022



Gestión sostenible de los pasivos ambientales mineros: enfoque en Iberoamérica

Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros (GEPAM)
de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI)

Fredy Guzmán-Martínez
fredyguzman@sgm.gob.mx



ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



ASGMI
Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

Servicio Geológico Mexicano



<https://www.gob.mx/sgm>



¿Qué hacemos?

El Servicio Geológico Mexicano es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal con personalidad jurídica y patrimonio propios, adscrito sectorialmente a la Secretaría de Economía.

Misión: Generar y difundir el conocimiento geológico de la nación para impulsar la inversión, el empleo y el bienestar social mediante el aprovechamiento sostenible de los recursos minerales, y la asistencia técnica para planear el uso de suelo, prevenir desastres por fenómenos geológicos y realizar estudios geohidrológicos.

Visión: Ser la institución rectora nacional en ciencias de la tierra con reconocimiento mundial que apoye la transformación social y económica sostenible del país, dirigidos por una cultura proactiva a través del pensamiento basado en riesgos.

Ejes temáticos



ASGMI

<https://www.asgmi.org>



¿Qué hacemos?

La Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1993. Son miembros de ASGMI los Servicios Geológicos, o instituciones equivalentes, de:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Objetivos generales:

La cooperación internacional para el desarrollo sostenible en materia de recursos geológicos (mineros, energéticos e hidrogeológicos), la prevención y mitigación de amenazas geológicas (volcanes, terremotos, movimientos de ladera, etc.), la sostenibilidad ambiental del uso del territorio, la puesta en valor del patrimonio geológico, y la adaptación al cambio climático.

El fortalecimiento institucional de los Servicios de Geología y Minería asociados.



Estructura de la ASGMI



Grupos de trabajo:

- Amenazas geológicas
- Comunicación y divulgación
- Cooperación internacional
- Geología regional y cartografía geológica
- Geoquímica
- Hidrogeología y cartografía hidrogeológica
- Metalogenia y cartografía metalogenética
- Minería artesanal y a pequeña escala
- **Pasivos ambientales mineros**
- Patrimonio geológico
- Red de muesos
- Sistemas de información geográfica

Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros



Argentina



Colombia



Costa Rica



Cuba



Ecuador



España



Honduras



México



Perú



Portugal



Uruguay



ASGMI
Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

Conocimiento y percepciones acerca de los PAM en países miembros de la ASGMI

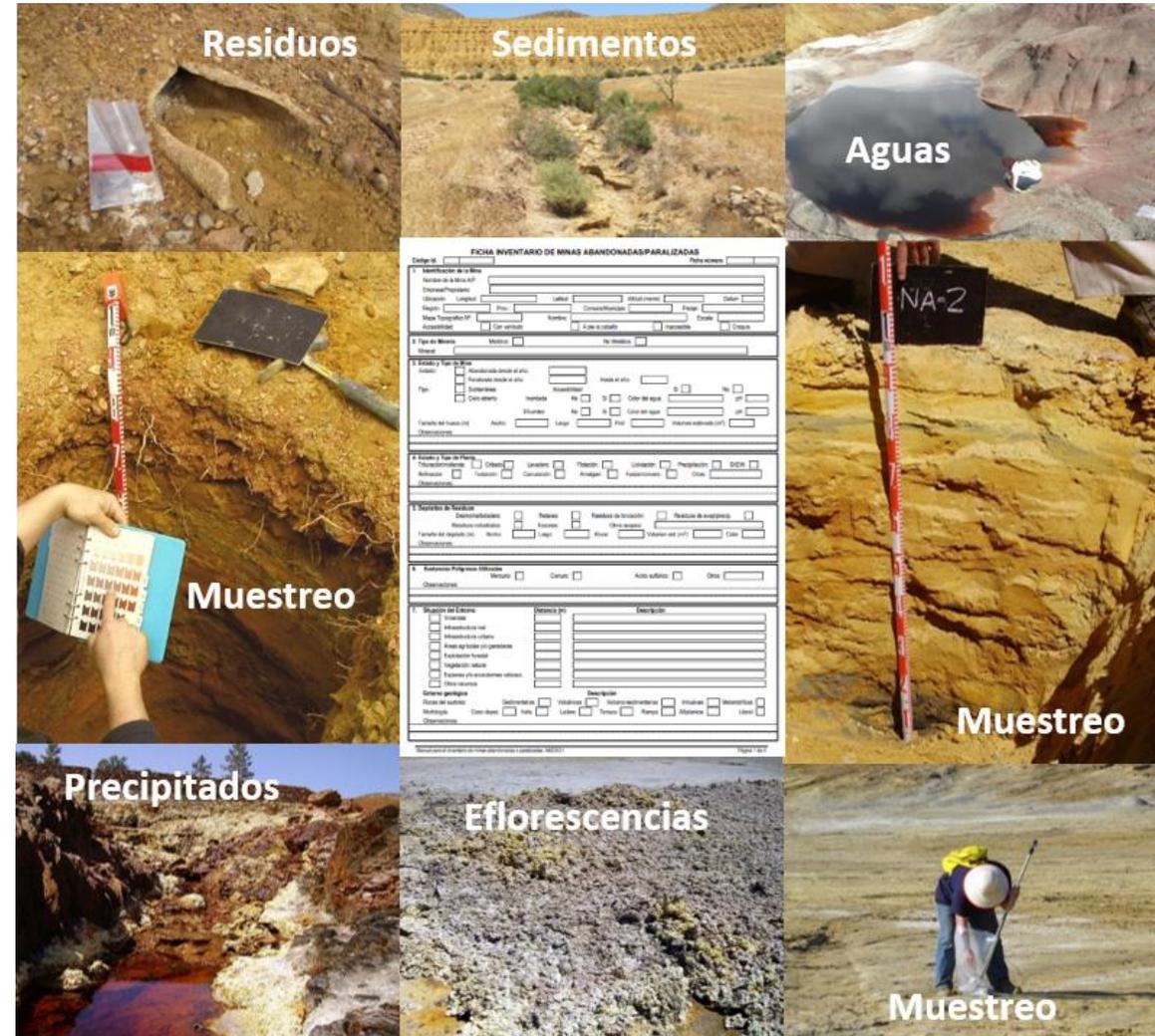
- Tipo de minería
- Percepción
- Riesgo
- Riesgos transfronterizos
- Bibliografía
- Legislación
- Competencia
- Proyectos rehabilitación/remediación





Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas

- Gestión de PAM
- Ficha inventario
- Protocolo de muestreo
- Ensayos de campo y laboratorio
- Identificación preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas



Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

1. **Identificación de la mina**
2. **Tipo de minería**
3. **Estado y tipo de mina**
4. **Estado y tipo de planta**
5. **Depósito de residuos**
6. **Sustancias peligrosas utilizadas**
7. **Situación del entorno**
8. **Situación del agua**
9. **Muestreo**
10. **Identificación preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas**

<https://www.asgmi.org>



ASGMI

Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

1. Identificación de la mina

1. Identificación de la Mina								
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	<input type="text"/>
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 pie /a caballo	<input type="checkbox"/>	Inaccesible	<input type="checkbox"/>	Croquis

2. Tipo de minería

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

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

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	Accesibilidad		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"/>
			Efluentes	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	Color del agua	<input type="text"/>
Tamaño del hueco (m)	Ancho:	<input type="text"/>	Largo:	<input type="text"/>	Prof.:	<input type="text"/>	Volumen estimado (m ³):	<input type="text"/>	
Observaciones:									

4. Estado y tipo de la 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:									

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

5. Depósito 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 type="text"/>					
Tamaño del depósito (m)	Ancho:	<input type="text"/>	Largo:	<input type="text"/>	Altura:	<input type="text"/>	Volumen est. (m ³):	<input type="text"/>	Color	<input type="text"/>
Observaciones:										

6. Sustancias peligrosas utilizadas

6. Sustancias Peligrosas Utilizadas							
Mercurio:	<input type="checkbox"/>	Cianuro:	<input type="checkbox"/>	Ácido sulfúrico:	<input type="checkbox"/>	Otros:	<input type="text"/>
Observaciones:							

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

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"/> Vegetación natural	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Especies y/o ecosistemas valiosos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Otros recursos	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Entorno geológico		Descripción					
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:	<hr/> <hr/>						

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

8. Situación del agua

8. Situación del Agua	
Cauce cercano, lago, canal, u otros.	No <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Distancia aproximada (m): <input type="text"/>
Uso del agua	No se identificó algún uso <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:	<hr/> <hr/>

9. Muestreo

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

Ficha de inventario de pasivos ambientales mineros

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

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

Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

El objetivo de la recolección de muestras y su posterior análisis es facilitar la caracterización de los posibles PAM de forma sencilla y a bajo coste, adquiriendo la mínima información que puede ser útil para facilitar el establecimiento de prioridades de actuación entre un número elevado de casos.

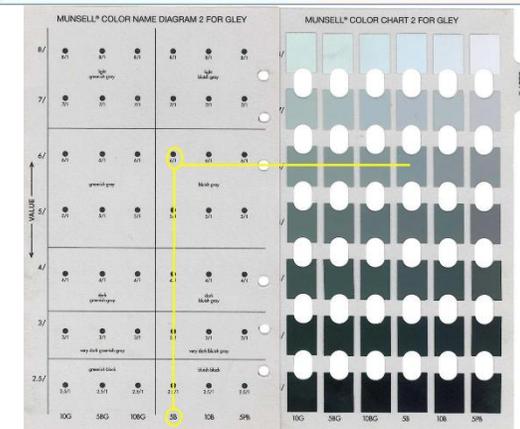
No es necesario para la evaluación de riesgos ambientales conocer todos los aspectos que pueden ser relevantes para una remediación, ni tampoco se puede pretender obtener todos los datos necesarios para definir algún tipo de aprovechamiento o reutilización de todos y cada uno de los emplazamientos o depósitos de residuos mineros, pues podrían tratarse de cientos en un solo inventario.



Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Datos que se pueden obtener directamente en campo:

- Contenidos totales de elementos por fluorescencia de rayos X
- pH, conductividad eléctrica, temperatura
- Oxígeno disuelto, potencial redox (Eh)
- Color



Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Muestreo de agua:

- Dos muestras por cada punto
- Filtradas
- Una de las muestras se acidifica
- Otra muestra sin acidificar
- Conviene que las muestras se conserven en una nevera



<https://www.asgmi.org>



ASGMI

Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanas

Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Muestreo Compuesto Superficial de Residuos Mineros:

Basado en la metodología de Smith (2000).

Una muestra compuesta por depósito de residuos, conformada por al menos 30 submuestras colectadas de manera aleatoria a lo largo y ancho del depósito mediante una recorrida o caminata.

Las muestras serán colectadas hasta una profundidad de 20 cm. Las 30 submuestras serán mezcladas y con ellas se conformará una muestra compuesta para su análisis que se cribará a 2 mm.



<https://www.asgmi.org>



ASGMI

Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanas

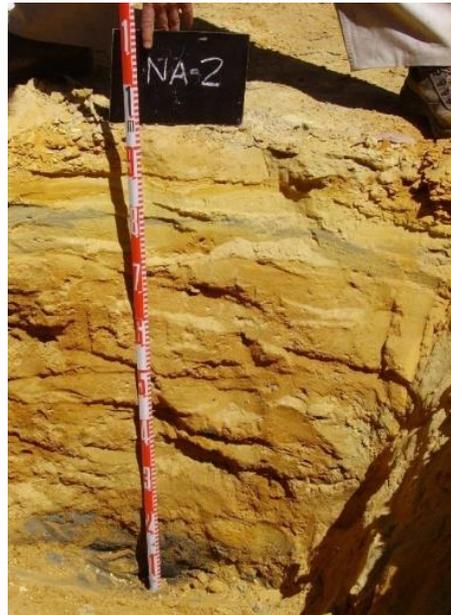
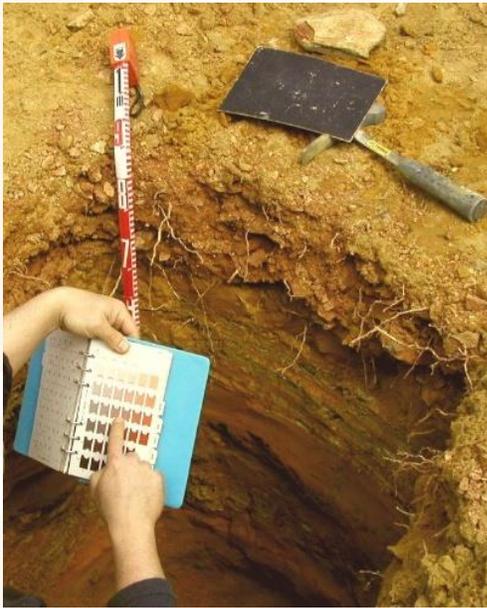
Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Muestreo por Horizontes o Capas en Calicatas de Residuos Mineros:

El estudio de los residuos debería tener en consideración los procesos de alteración y diferenciación vertical en calicatas, si existen medios suficientes, durante las labores de inventario.

Deben excavarse hasta un metro de profundidad.

La visualización de los perfiles en las calicatas, así como la disponibilidad de medios, determinará si es factible el muestreo y el análisis de muestras.



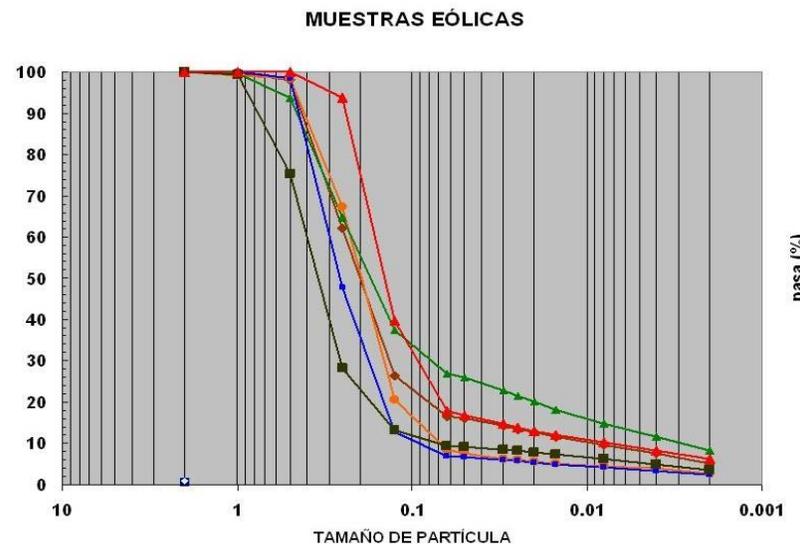
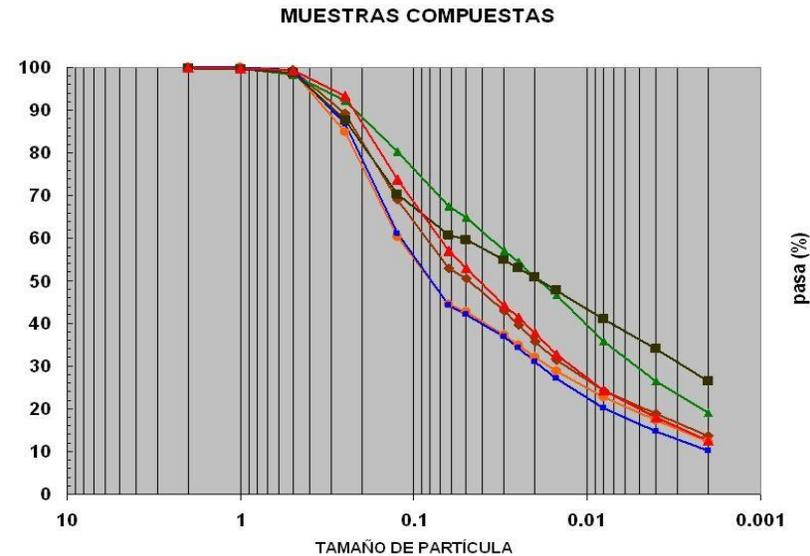
Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Ensayos físicos sobre residuos mineros

Porcentaje de elementos gruesos (>2 mm).

Análisis granulométrico de la fracción tierra fina (tamizado en seco y método de la pipeta de Robinson o sedimentación) para determinar las fracciones menores a 2 mm.

Porcentaje de humedad después de secado en estufa.



Protocolo de muestreo y ensayos de campo y laboratorio

Ensayos de lixiviación sobre residuos mineros:

EN-LLT: *European laboratory leaching test*

USGS-FLT: *U.S. Geological Survey field leaching test*

NOM-141-LLT: *Mexican laboratory leaching test*



ASGMI

Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

Glosario técnico en materia de gestión de PAM

GLOSARIO TÉCNICO EN MATERIA DE
GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS



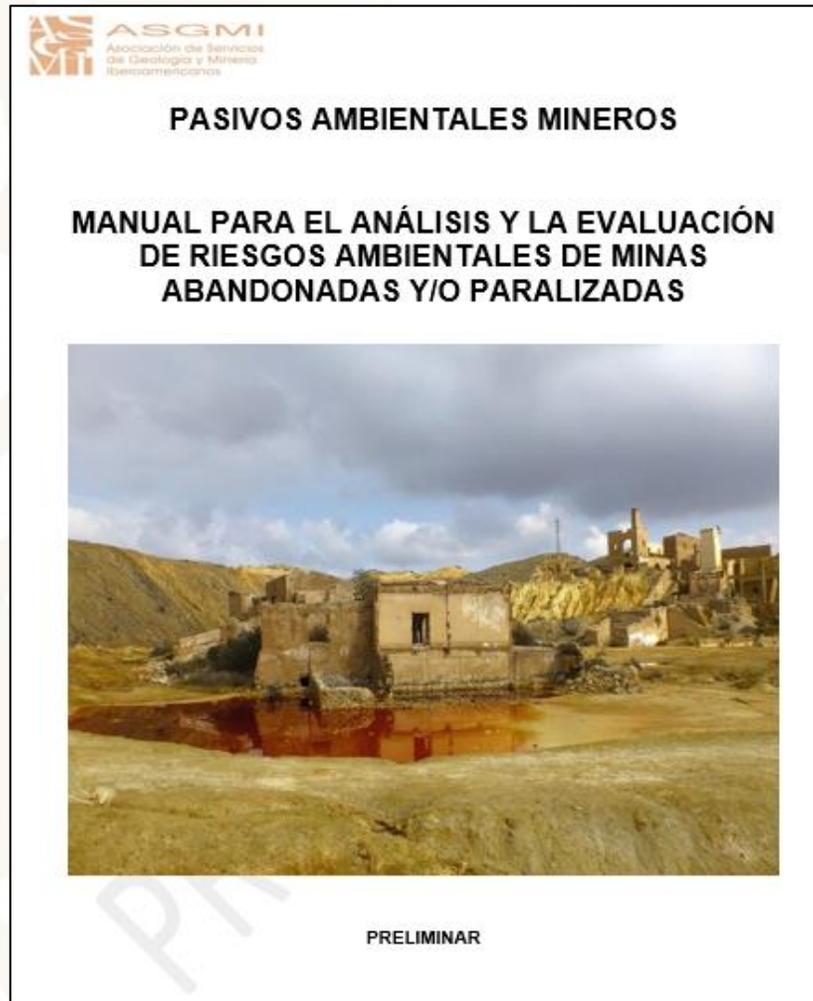
<https://www.asgmi.org>



ASGMI

Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos

Guías metodológicas en proceso de elaboración



Proyecto START:

START: Sistemas sostenibles de extracción de energía basados en el reciclaje innovador de escombreras mineras

- Proyecto Europeo- Horizonte Europa (HORIZON-CL4-2021-RESILIENCE-01-07)
- Duración: 48 meses
- Presupuesto de 9.194.441,25 €
- Consorcio: **LNEG** (coordinador), 3drivers, **ASGMI**, BGR, EPMA, GeniCore, GEO-U, GBA, LPRC, MBN, RGS, SGUDS, SINTEF, TEGnology and **IGME-CSIC**.

- La tetraedrita (Cu, Fe)₁₂ Sb₄ S₁₃ es un mineral con propiedades termoeléctricas
- Los materiales termoeléctricos permiten fabricar dispositivos que transforman el calor residual de procesos industriales en electricidad
- La tetraedrita es relativamente abundante en algunas escombreras de minas de Cu
- El objetivo del proyecto es convertir los materiales desechados en las escombreras mineras en recuperadores del calor residual: **Transformar un pasivo minero en un activo energético**

Contribución de ASGMI en el proyecto START:

- **WP 2: Selección de escombreras; separación física de los minerales y concentración**
- Tarea 2.1 Selección de lugares óptimos, muestreo y protocolos
- Tarea 2.2 Separación y tratamiento de minerales apropiados
- Tarea 2.3 Producción y entrega de concentrados adecuados

CONOCIMIENTO Y PERCEPCIONES ACERCA DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS (PAM) EN PAISES MIEMBROS DE LA ASOCIACION DE SERVICIOS DE GEOLOGIA Y MINERIA (BEROAMERICANOS) (ASGM)



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



GLOSARIO TÉCNICO EN MATERIA DE GESTIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS



Puntos de contacto  **START** :

Isabel.pino@asgmi.org

Gracia.olivenza@asgmi.org

Gestión sostenible de los Pasivos Ambientales Mineros: Enfoque en Iberoamérica

Fredy Guzmán-Martínez



fredyguzman@sgm.gob.mx



ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



ASGMI
Asociación de Servicios
de Geología y Minería
Iberoamericanos