

The background image is a composite of two photographs. The upper portion shows a steep, rocky hillside with a large, light-colored landslide area. Several small, simple houses are built on the slope. The lower portion shows a lush green hillside with several circular pits dug into the earth. Two people are visible in one of the pits, working with a red bucket and other equipment. The overall scene suggests a rural, mountainous region in Peru.

## Proyecto de investigación sobre la recuperación de oro en relaves abandonados de La Ciénega, Pataz, Perú

**Conferencia Regional de MinSus  
CEPAL-BGR-GIZ, La Paz, Bolivia**

**Achim Constantin**, Director del proyecto MinSus  
**Jacob Mai**, Director adjunto de MinSus

30.05.2023

# ¿Qué es el BGR?



- ▶ Traducción al castellano: “Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales”
- ▶ Autoridad geocientífica central que asesora al Gobierno alemán en todas las cuestiones relacionadas con la ciencia geológica
- ▶ Organismo público adscrito al Ministerio de Economía y Protección del Clima (BMWK)
- ▶ Implementa proyectos de Cooperación Internacional por encargo del Ministerio de Cooperación Internacional y Desarrollo (BMZ)
- ▶ Sede principal: Hanover / Alemania
- ▶ Sucursales: Berlin, Grubenhagen
- ▶ Número de trabajadores:~ 800
- ▶ Más información: <https://www.bgr.bund.de/>



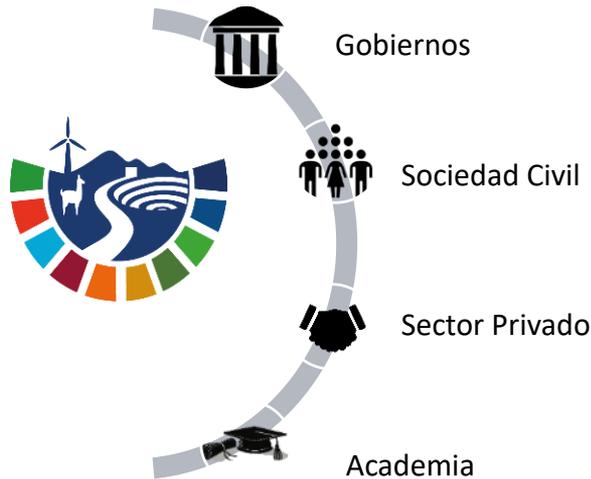
# Cooperación Regional para una Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los países Andinos III



Por encargo del



Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung



# Àreas de trabajo del proyecto MinSus (CEPAL/BGR/GIZ)



DERECHOS HUMANOS



CADENAS DE SUMINISTRO SOSTENIBLES

★



CIERRE DE MINAS

★



EFICIENCIA DEL USO DE AGUA, ENERGÍA Y DESCARBONIZACIÓN

★



GOBERNANZA E INSTITUCIONALIDAD

★



IGUALDAD DE GÉNERO



INNOVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

★



PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

★



FISCALIDAD Y MANEJO DE RENTAS



TRANSPARENCIA Y EITI

★ Enfoques de BGR

# El caso de los PAM “La Ciénaga”, La Libertad, Perú



## Objetivo general del estudio



Elegir un caso característico de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

- Aplicar metodologías de investigación ambiental internacionalmente reconocidas
- Involucramiento de todos los actores afectados
- Desarrollar propuestas de remediación, incl. la evaluación del potencial de reprocesamiento

**Ejemplo modelo**  
para la gestión y remediación sostenible con enfoque innovador de  
PAM en la región Andina

## Objetivos específicos



¿Existe un riesgo ambiental o para la salud humana por los relaves?

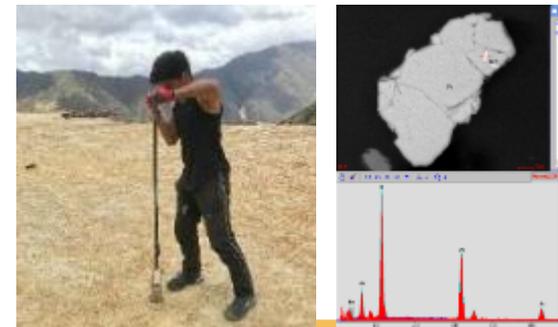
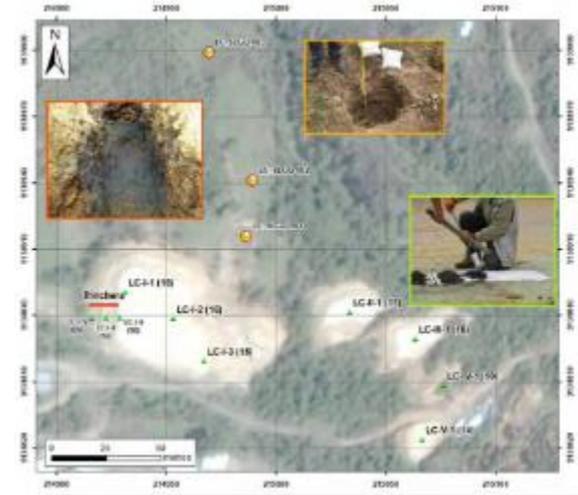
¿Qué opciones de remediación son técnicamente viables?

## Ejecutado en colaboración con...

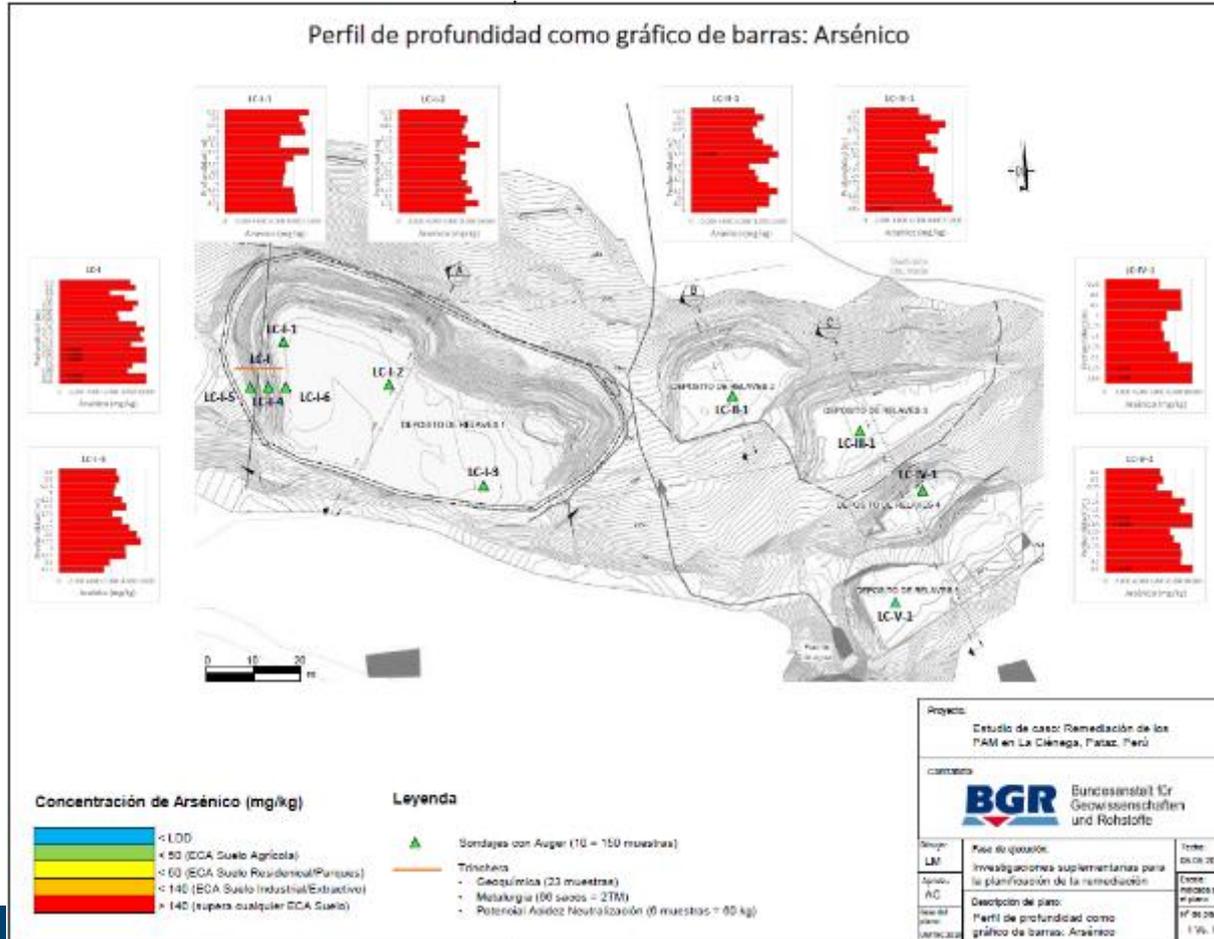


# Investigaciones realizadas

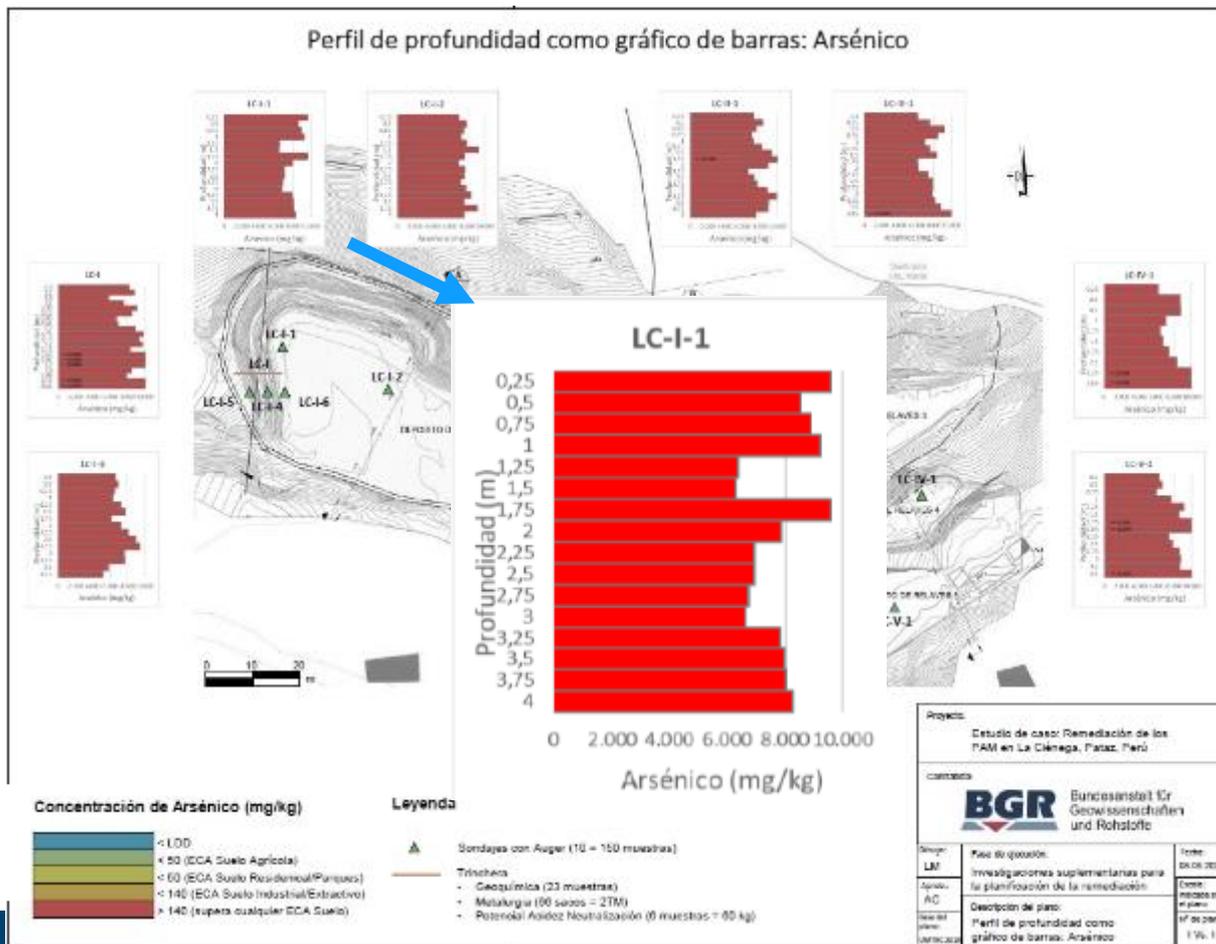
- Evaluación química y mineralógica de los relaves por BGR y muestreo de detalle, incluyendo la toma de muestras de agua y suelos en conjunto con INGEMMET.
  - Riesgo para la salud de la población y el ambiente confirmado por la presencia de metales pesados y metaloides (Pb, Cd, As) que superan los ECA Suelos
  - Presencia de metales de valor (~1,5 g/t Au)
- Ensayos metalúrgicos sobre viabilidad técnica de recuperar el oro (reprocesamiento del relave)
- Evaluación de opciones de remediación (medidas de aseguramiento y de descontaminación)



# Muestreo de profundidad en los relaves 2019: Arsénico



# Muestreo de profundidad en los relaves 2019: Arsénico



# Informes, estudios y reportes técnicos disponibles



## ESTUDIO DE CASO DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LA REGIÓN LA LIBERTAD/PERÚ

Los Relaveros de la Ciénaga/Potosí  
Gestión del Estado Peruano y Análisis Específico de Responsabilidad Histórica y Legal



COOPERACIÓN ALEMANA PARA EL DESARROLLO  
INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES  
Trujillo (Perú) - Santiago (Chile) 2018



## Estudio de Caso de Pasivos Ambientales Mineros en la Región La Libertad/Perú

Los Relaveros de La Ciénaga/Potosí  
Investigación Económica-Minera y Ambiental

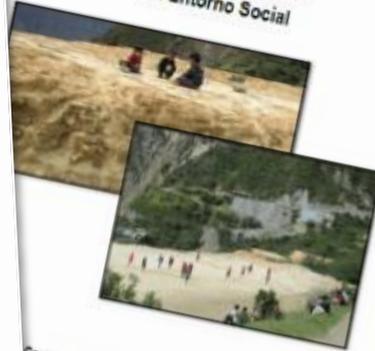


Cooperación Alemana para el Desarrollo  
Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales  
Trujillo (Perú) - Santiago (Chile)  
2017



## Estudio de Caso de Pasivos Ambientales Mineros en la Región La Libertad/Perú

Los Relaveros de La Ciénaga/Potosí  
El Entorno Social



Cooperación Alemana para el Desarrollo  
Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales  
Trujillo (Perú) - Santiago (Chile) 2017



INGEMMET / Guido Soria S. Estrategia Económica  
#178



Caracterización geoquímica y mineralógica de relaves mineros  
La Ciénaga - La Libertad

Lima, Perú  
2012



[www.minsus.net](http://www.minsus.net)

# Alternativas de remediación para los relaves

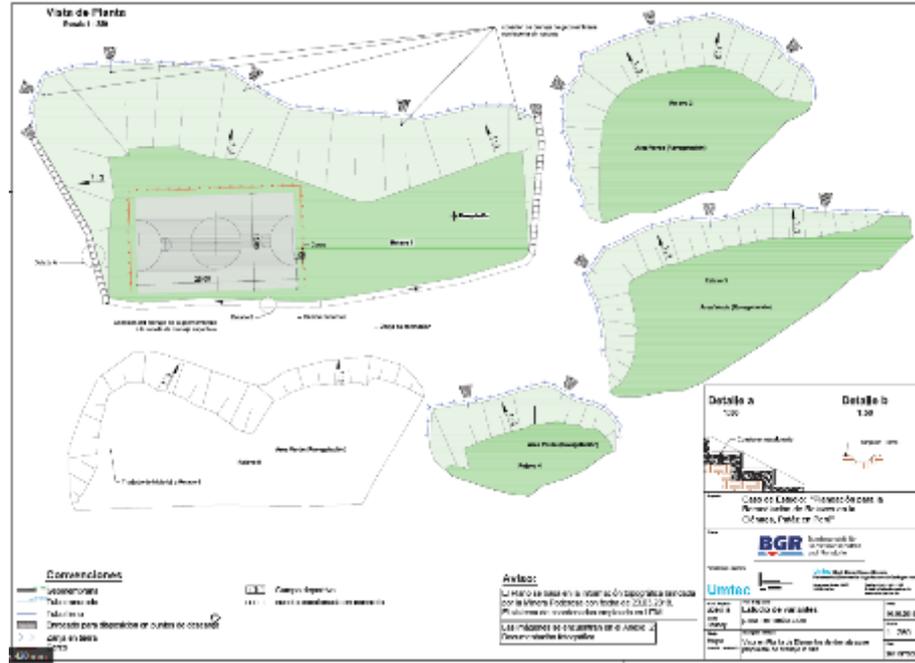
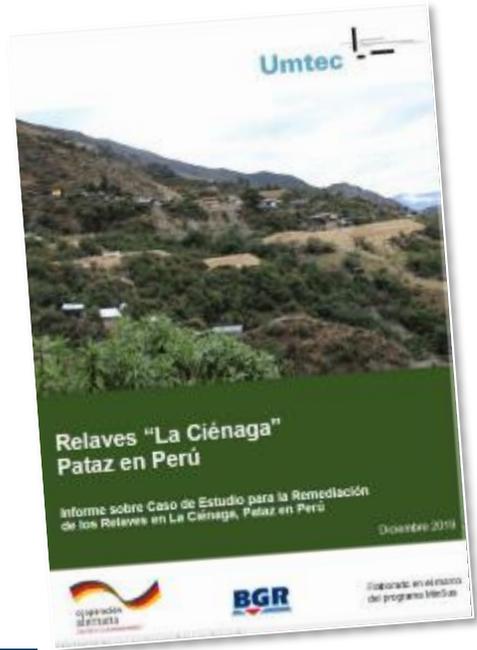


# Investigaciones de remediación



➤ Elaboración de alternativas de confinamiento / remoción parcial de los relaves (estudio de la empresa UMTEC de Alemania).

=> Propuesta preferida: Variante 2 - sellado con geomembrana y suelo





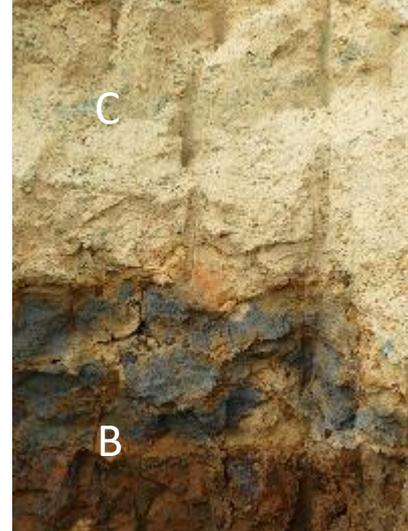
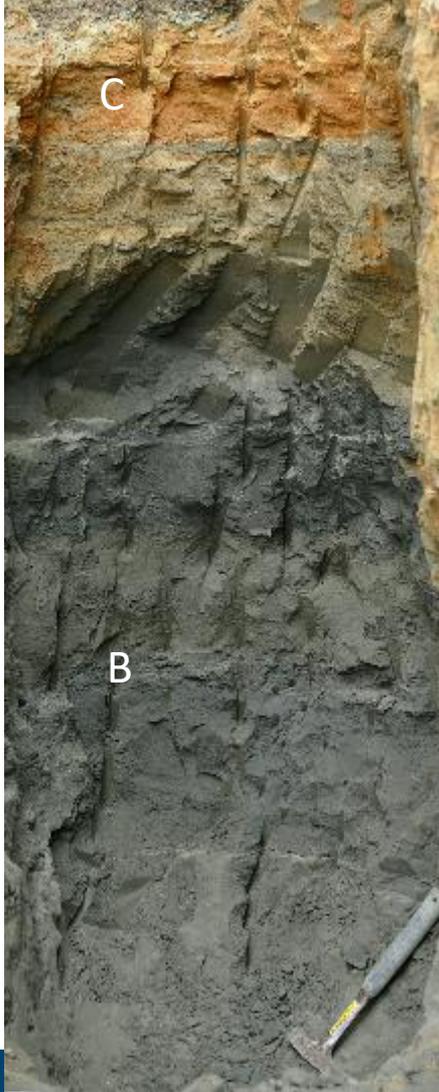
Toma de muestras  
para los ensayos  
metalúrgicos (1 t)

Inicio de trabajos de  
trinchera – calicata

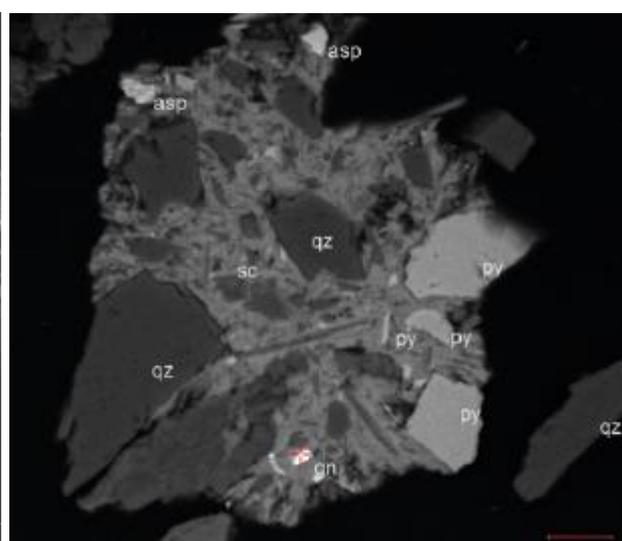
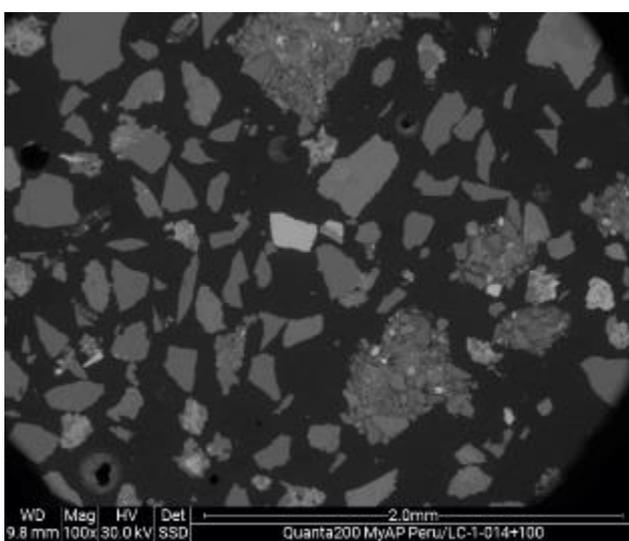
Flanco Oeste de la  
relavera principal  
(LC-I / 8.6 m)

Muestras para ensayos metalúrgicos - Trinchera - Calicata

	Muestra	Peso kg	Unidad	Comentario	Metraje
			C	Tope Zona Oxidacion	0.0 - 1.20
LC-I-021 LC-I-019	8	300	B6		1.20 - 2.10
LC-I-018 LC-I-017 LC-I-016	7	180	B5		2.10 - 3.05
LC-I-015	6	240	B4		3.05 - 3.85
LC-I-014	5	390	B3		3.85 - 4.70
LC-I-013 LC-I-012 LC-I-011	4	420	B2		4.70 - 5.70
LC-I-008	3	90	B1		6.15 - 6.65
LC-I-005	2	180	A2		7.05 - 7.70
LC-I-001	1	180	A1	Base	8.11 - 8.61
Total		1980			



Unidades  
principales  
A - B - C



Arsenopirita (2%) y pirita arsenical (9%) son los sulfuros portadores de oro y arsénico, sumando en promedio a unos 11% de los relaves.

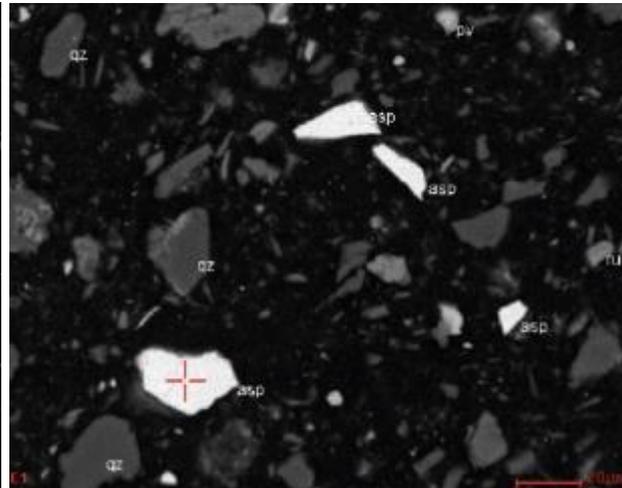
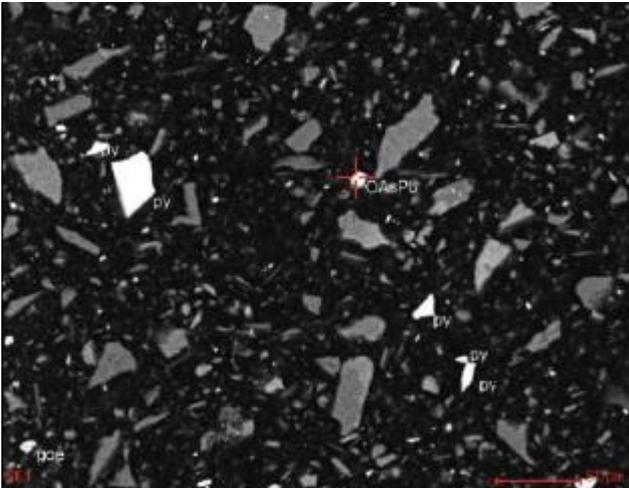
**Oro 1.5 g/t 2,500 oz**

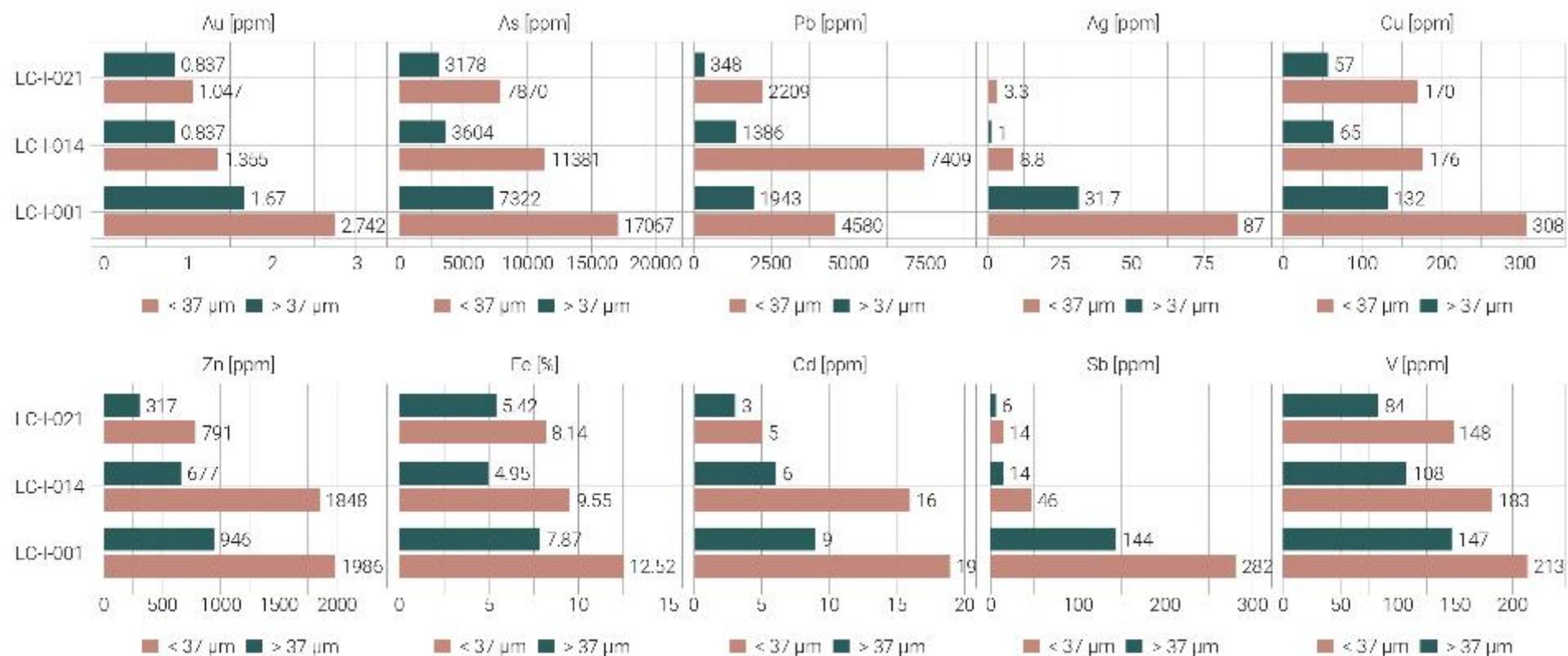
80% del oro se encuentra en la fracción < 37  $\mu$ m.

**Arsénico 0.8 o 400 t**

**Plata 5 g/t (B), hasta 28 g/t (A), aprox. 520 kg o 18,300 oz**

**Plomo 0.3 kg/t (B), 0.8 kg/t (A) approx. 230 t**





Datos geoquímicos de las fracciones granulométricas menos y más de 37 μm de muestras de la trinchera LC-I. **La fracción < 37 μm representa aprox. 66 % peso del material.** (INGEMMET, Manrique y Agurto (2022)).

# Ensayos metalúrgicos

- Ensayos en laboratorio y a escala piloto con PUCP, INGEMMET y BGR (Alemania) sobre el potencial de reprocesamiento de los relaves y su factibilidad técnica.
- Objetivos principales:
  - Recuperar el oro residual para (co-)financiar la remediación de los PAM
  - Descontaminar el relave (extraer sulfuros y metales/metaloides como Pb y As)



- El **primer paso** de un reaprovechamiento es la **concentración y extracción de los sulfuros** (pirita arsenical y arsenopirita).
- Los resultados de ensayos metalúrgicos en una **combinación óptima entre flotación y separación gravimétrica** por Ing. Shishido / PUCP (2022) son alentadoras, obteniendo concentrados de sulfuros con la recuperación de hasta **89 % del Au, 83 % del As, y 64% del Pb**.
- Las leyes del concentrado llegan a hasta **10 g/t de oro y 6 % arsénico**, lo que representa un enriquecimiento por el factor de 6 - 7 aproximadamente.
- El relave restante según estos ensayos experimentales en el mejor caso tendría una concentración de unos 2700 ppm de As, y 3100 ppm de Pb, **valores todavía mucho por encima de los límites ECA**.

# Evaluación metalúrgica y potencial de reaprovechamiento



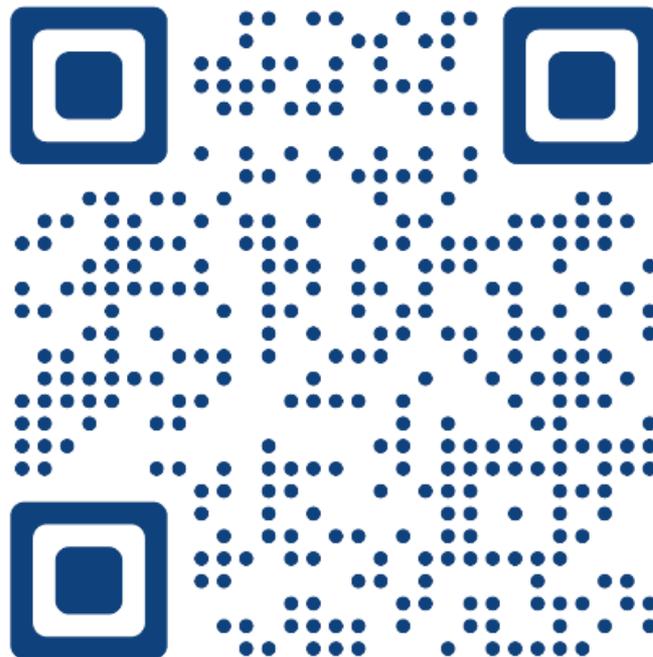
- Para poder **liberar y recuperar el oro refractario** es necesario en un **segundo paso** la **destrucción geoquímica de los sulfuros vía procesos de oxidación**, como p.ej. por **bio-lixivación** - la transformación de sulfuros insolubles a sulfatos a través de microorganismos, seguido por cianuración de oro.
- Un ejemplo son los relaves de Ticapampa (Recuay/Ancash) de 1.6 Mio t, con 1.65 g/t Au, 3.2% As, 0.3% Pb, donde en los ensayos de bio-oxidación con subsecuente cianuración se logró una **recuperación de 97% de oro** (Nagy et al, 2007).
- La planta BIOX de Tamboraque / Lima es otro ejemplo de recuperación de oro a través de bio-oxidación. Los procesamientos llegaron a la **retención de 96% de arsénico y la recuperación de 92% del oro** (Ly Arrascue, M. y van Niekerk, J., 2006).
- Otro proceso de oxidación-sulfatación sería la **tostación de alta temperatura (roasting)**, sin embargo, es una tecnología problemática para el medio ambiente por la generación de gases con alto contenido de arsénico.

(Fuente: W. Morche, 2023)



Estudio de Caso en la Región  
La Libertad, Pataz, Perú

**Investigación ambiental y  
opciones de remediación para  
los Pasivos Ambientales  
Mineros de La Ciénaga**



Escanear para descargar  
el documento

# ¡Muchas gracias!

**Achim Constantin**

Director del proyecto MinSus-BGR

**Jacob Mai**

Director adjunto

Para mayor información, ver: <http://minsus.net/>

¿Preguntas, dudas o recomendaciones?

Escríbenos a: [achim.constantin@bgr.de](mailto:achim.constantin@bgr.de) o [jacob.mai@bgr.de](mailto:jacob.mai@bgr.de)



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT