PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE RELAVES MINEROS A CARGO DEL ESTADO PERUANO PARA TRANSFORMAR EN ACTIVOS ESTRATÉGICOS

Por: Ing. Walther León Lecaros
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

2024

❖ La información contenida en esta presentación es de acceso libre y abierto (Ley N°30035), debiendo considerarse los derechos de autor (Decreto Legislativo 822).

PT/INGEMMET: N°

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CONTENIDO

1 Misión y visión del INGEMMET.

2 Pasivos ambientales mineros en el Perú.

3 Importancia de los estudios geológicos de relaves mineros.

4 Avances en la caracterización de relaves mineros.

5 Desafíos y oportunidades de los estudios de relaves mineros.

6 Conclusiones.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET

Organismo público técnico especializado del sector energía y minas, que tiene como objetivo la obtención, almacenamiento, registro, procesamiento, administración y difusión eficiente de la información geocientífica y aquella relacionada a la geología básica, los recursos del subsuelo, los riesgos geológicos y el geoambiente.

Conduce el procedimiento ordinario minero conforme a lo dispuesto en la Ley General de Minería y sus reglamentos, desde la solicitud de petitorios hasta su titulación como concesión minera y extinción según las causales fijadas por la ley; ordena y sistematiza la información georeferenciada mediante el Catastro Minero Nacional; administra y distribuye el Derecho de Vigencia y Penalidad.

1. INGEMMET-Misión y visión

Misión

Generar y proveer información geológica y administrar los derechos mineros, para la ciudadanía en general, entidades públicas y privadas; con celeridad, transparencia y seguridad jurídica.

Visión

Ser reconocidos como el ente rector de la investigación geocientífica y la autoridad en la gestión eficiente de las concesiones y catastro minero.

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ORGANIZACIÓN DE LA DRME

PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

METALOGENIA	GEOQUÍMICA	ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES	RECURSOS ENERGÉTICOS

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA | ASISTENCIA TÉCNICA A PPM Y PMA | PROSPECCIÓN DE ANAPs

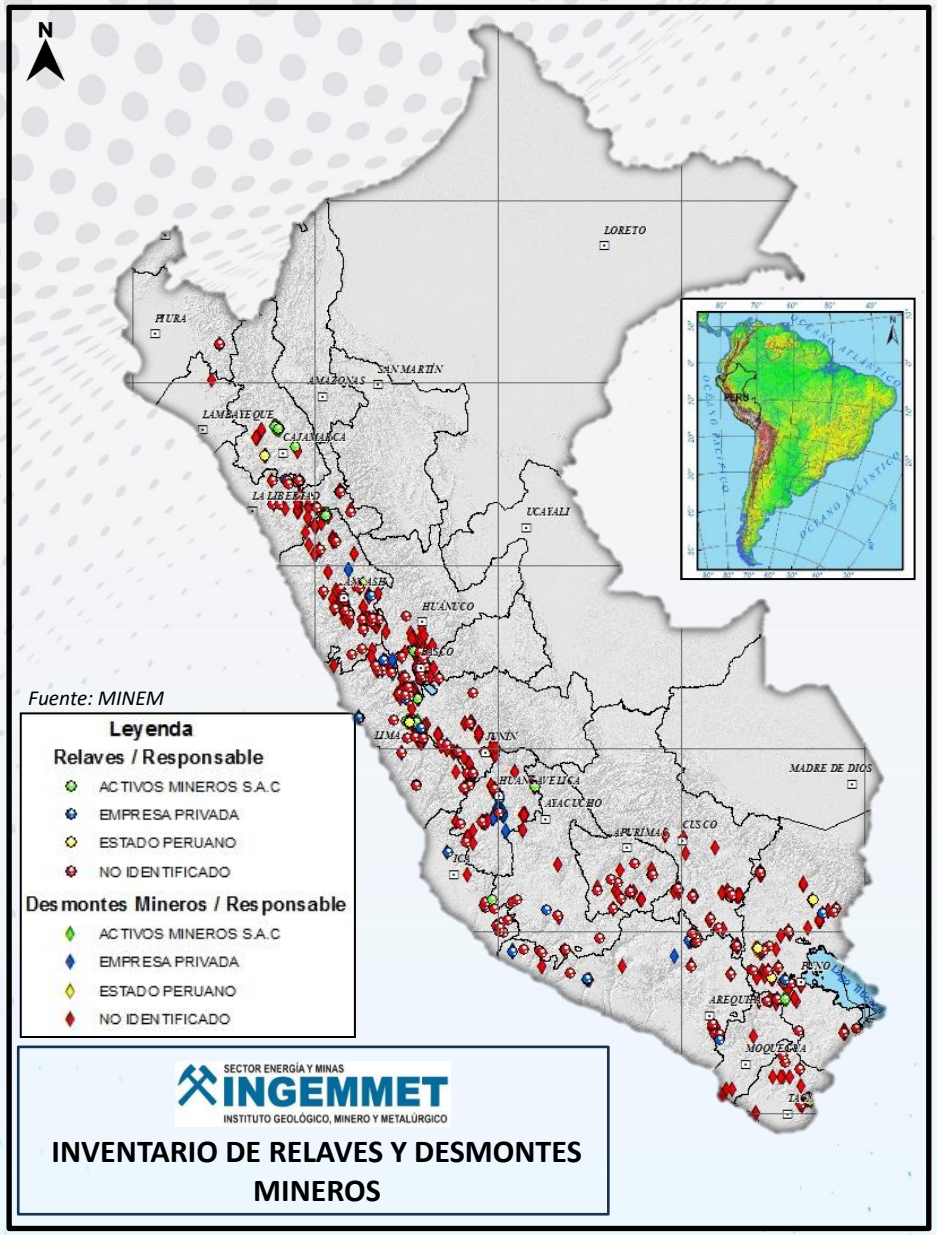
SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA ECONÓMICA | EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE RELAVES MINEROS PARA SU REAPROVECHAMIENTO

GESTIÓN DE LITOTECA INSTITUCIONAL

PRODUCTO

ACTIVIDADES DE APOYO

2. Pasivos ambientales mineros en el Perú



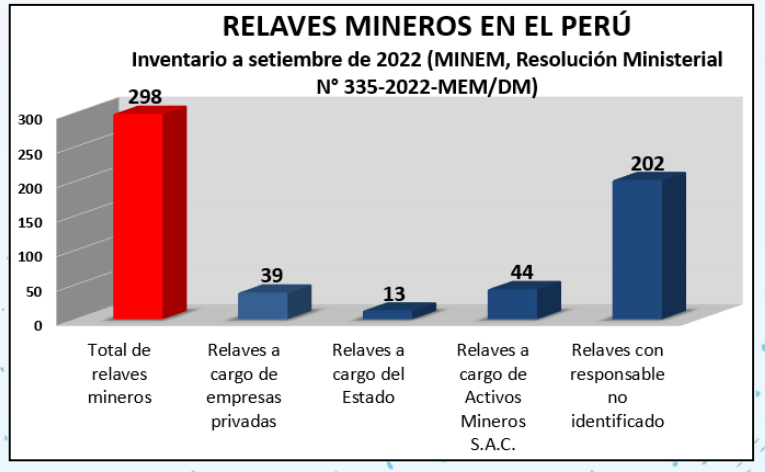
Normativa legal

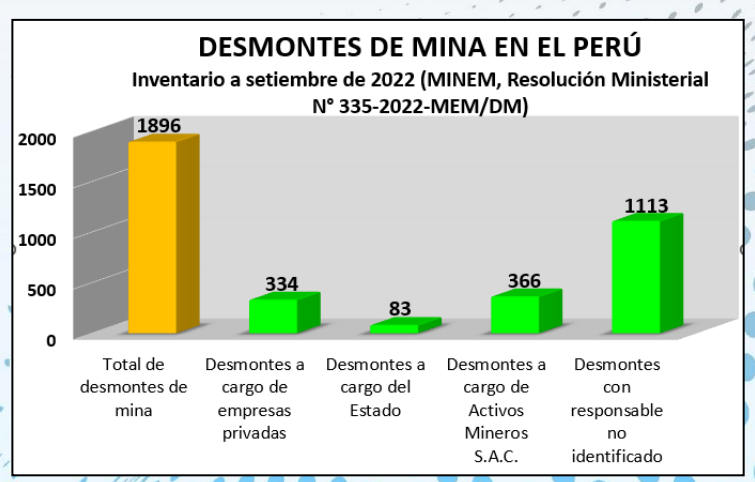
En el Perú los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) están regulados mediante la ley N° 28271 "Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera", y su modificatoria dada por la Ley N° 28526.

Mediante el Decreto Supremo N°003-2009, se modificó el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, aprobado por D.S. Nº 059-2005-EM.

Artículo 7º.- Del inventario de pasivos ambientales mineros

La DGM, en coordinación con la DGAAM y el INGEMMET, conduce las acciones para la identificación y elaboración del inventario de los pasivos ambientales mineros, considerando los riesgos inherentes a dichos pasivos.





PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

3. Importancia de los estudios geológicos de relaves mineros

BO Consulting, 2012. Reportó: 2.9 Mt a 1.43% Zn, 0.79% Pb, 43.1 g / t Ag y 0.04% Cu

- ✓ Los relaves mineros por su antigüedad y procedencia, pueden contener elementos de importancia económica.
- ✓ Los estudios geoquímicos y mineralógicos de relaves son importantes para comprender su composición mineral y distribución de elementos *comodities* y críticos, con la finalidad de determinar el potencial de reaprovechamiento.
- ✓ Son fundamentales porque proporcionan información valiosa para desarrollar estrategias de gestión efectiva de residuos mineros.
- ✓ El **INGEMMET** puede contribuir en la identificación de PAM (relaves, desmontes mineros y otros), y en la evaluación de riesgos e impactos en la salud y en el medio ambiente.
- ✓ El **INGEMMET** está en la capacidad para realizar estudios de caracterización geoquímica, geofísica, mineralógica e hidrogeológica que pueden contribuir a poner en valor los relaves y desmontes mineros.

3. Importancia de los estudios geológicos de relaves mineros

Recuperación de Minerales

Pueden contener concentraciones valiosas de minerales que pueden ser recuperados y reaprovechados en diversos procesos.

Aplicaciones en Construcción

Pueden ser procesados y utilizados como materia prima para la fabricación de cemento, ladrillos o agregados para la construcción.

Usos Agrícolas

Incorporación de relaves en el suelo para mejorar la fertilidad.

Aplicaciones Geoambientales

Pueden emplearse en la remediación de suelos contaminados o como material adsorbente para el tratamiento de aguas residuales.

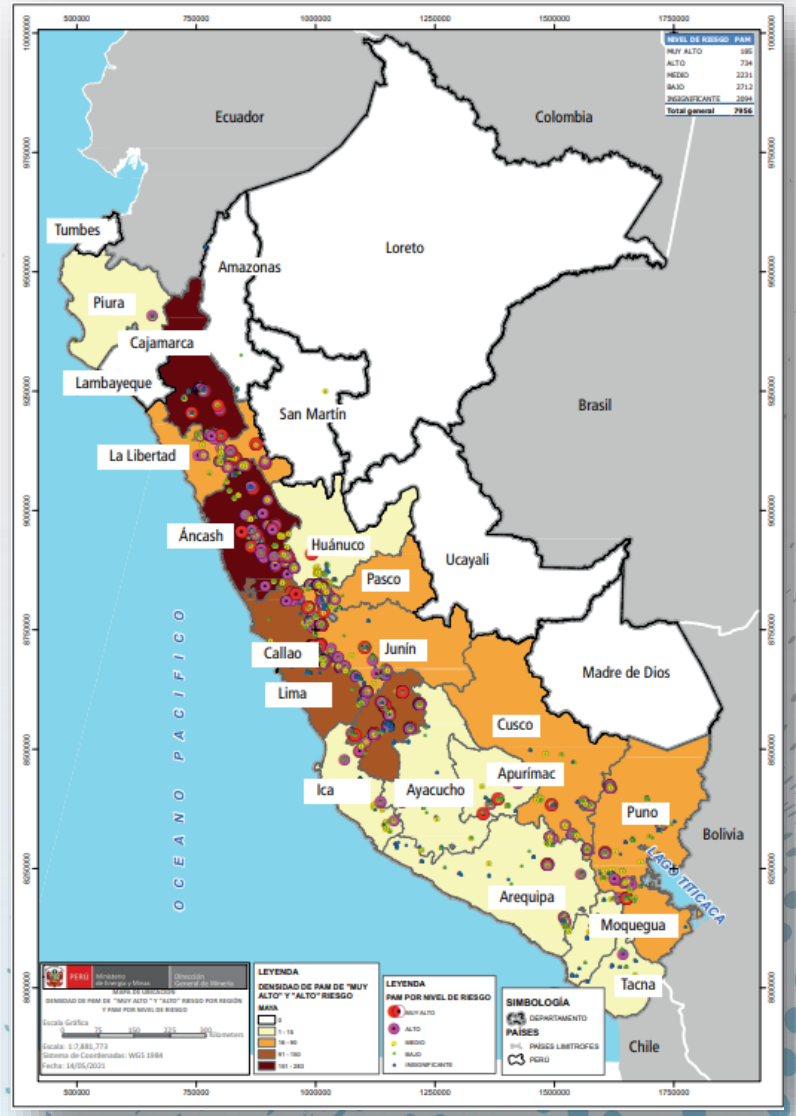
4. Avance en la caracterización de relaves mineros

Convenio entre INGEMMET y el MINEM
(06-12-2023)

Actividad RRM: "Evaluación geológica de relaves mineros para su reaprovechamiento"

- ✓ Realizar la **evaluación geológica** de relaves mineros para su **reaprovechamiento y/o remediación**; priorizando caracterizar los principales **elementos críticos y/o estratégicos** presentes en **los relaves mineros del territorio peruano.**

- ✓ Generar información geoquímica, mineralógica, geofísica, hidrogeológica y espectral útil para la **evaluación económica (reaprovechamiento de relaves mineros) y ambiental**.



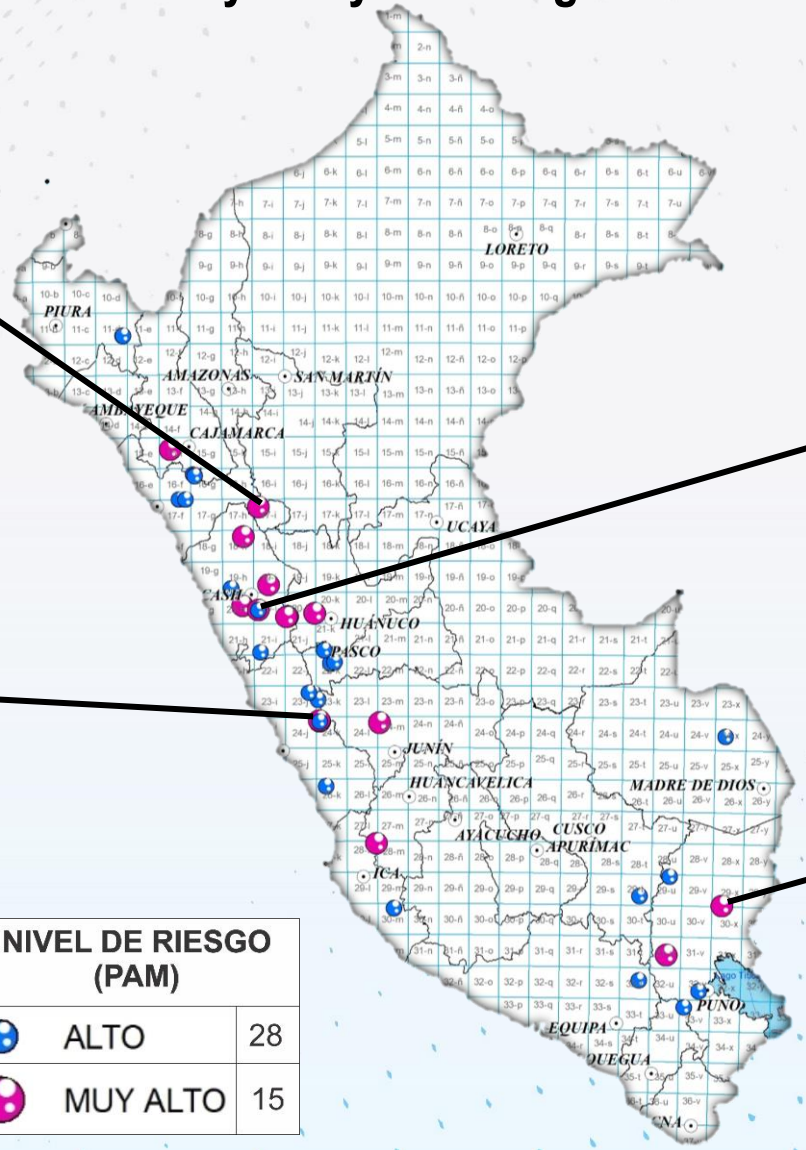
FUENTE: MNEM, 2020.

4. Avance en la caracterización de relaves mineros

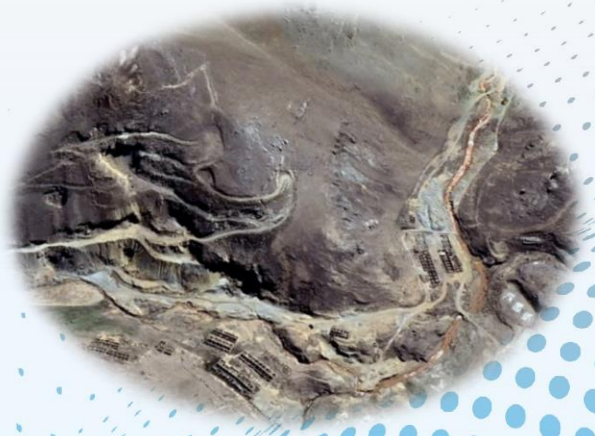
Lista priorizada de pasivos ambientales mineros, subtipo relaves de muy alto y alto riesgo - DGM

Relavera Paccha – La Libertad

Relavera Planta concentradora Mesapata - Ancash



Relavera Huampar - Lima



Relavera Cecilia - Puno

NIVEL DE RIESGO (PAM)	
ALTO	28
MUY ALTO	15

4. Avance en la caracterización de relaves mineros

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Relaves La Ciénaga – La Libertad

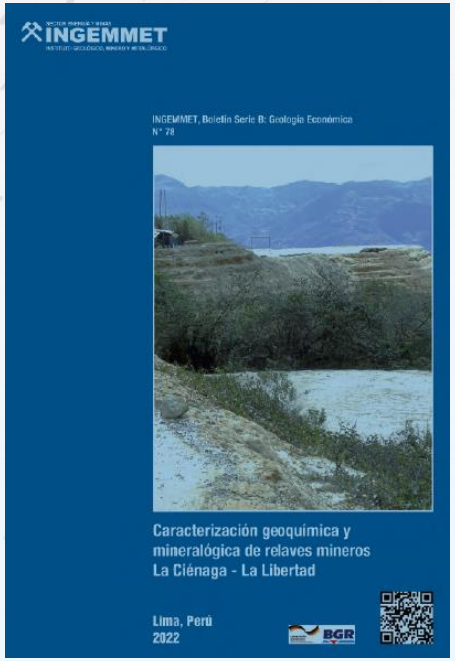
Relave de Halcón – Ancash

Relaves de Huampar – Lima

Relave de Cecilia – Puno

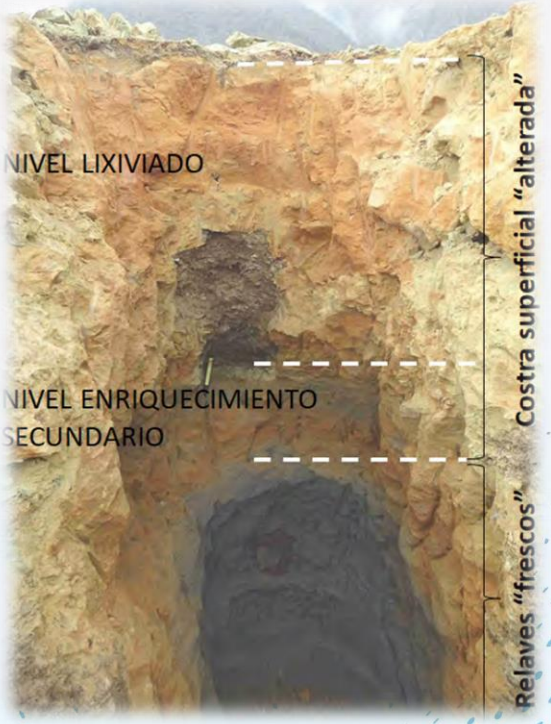
4. Avance en la caracterización de relaves mineros

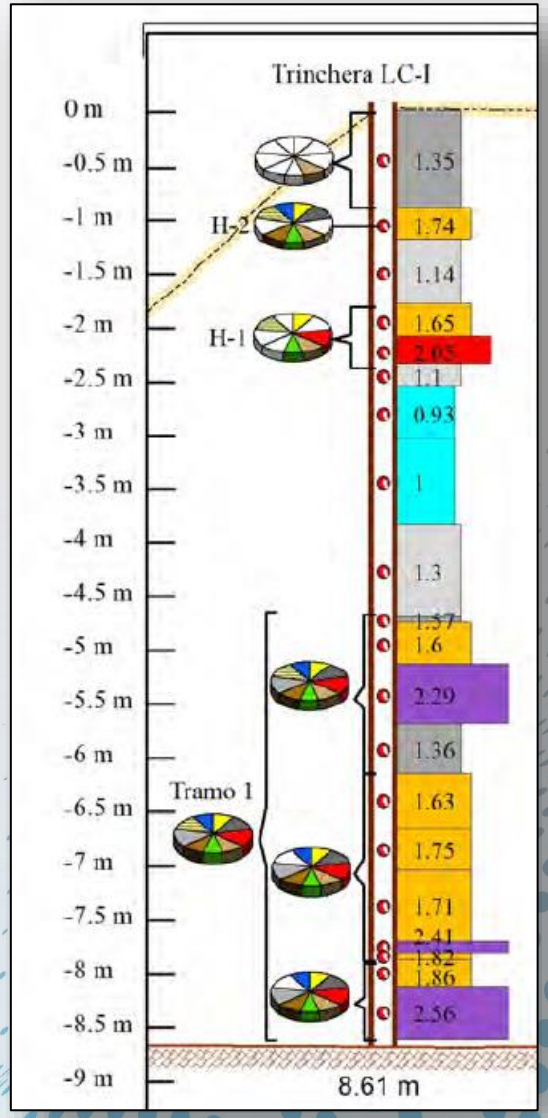
- Durante el **2019 y 2020**, mediante cooperación técnica con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR), se realizó la caracterización geoquímica de los relaves La Ciénaga (La Libertad).



Manrique & Agurto, 2022

Au (ppm)		
Fuertemente bajo		0.70 - 0.76
Moderadamente bajo		0.77 - 1.03
Ligeramente bajo		1.04 - 1.30
Ligeramente alto		1.31 - 1.59
Moderadamente alto		1.60 - 1.86
Fuertemente alto		1.87 - 2.13
Anomalía positiva		2.29 - 2.56

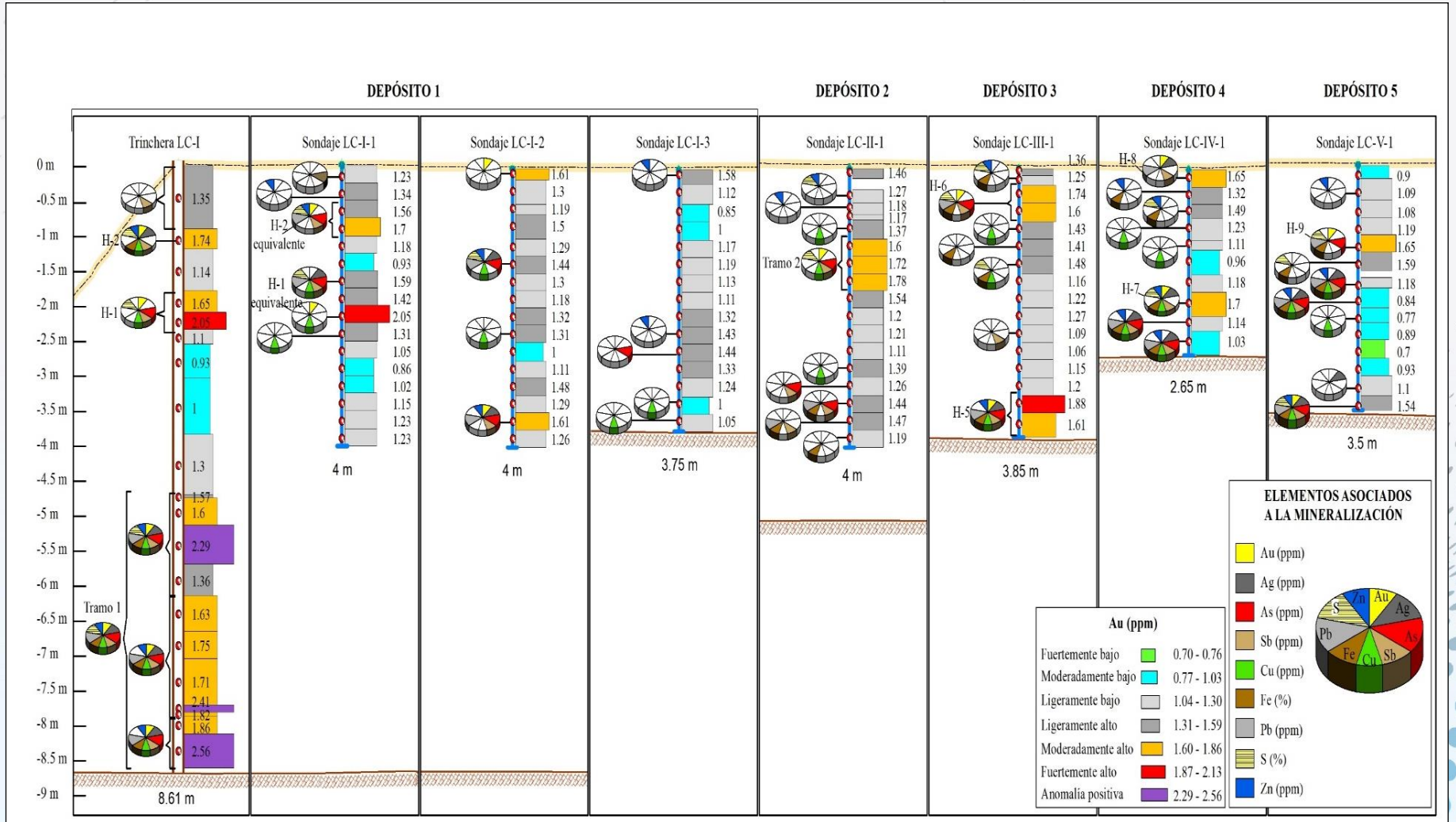




Distribución geoquímica de los principales elementos de los relaves La Ciénaga

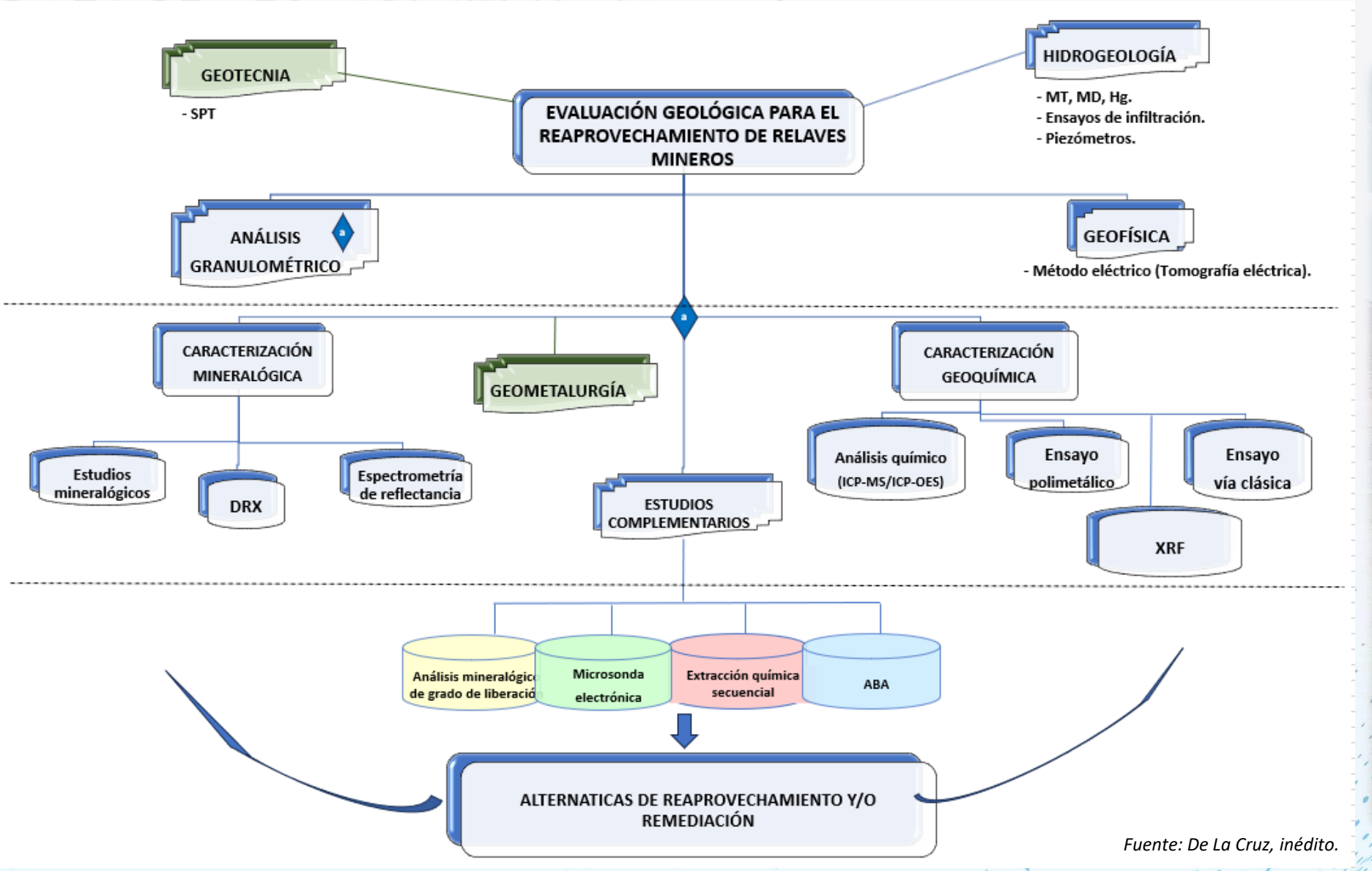
Au : 1.31 ± 0.27 ppm
As : 7 868 ± 1,126ppm
Pb : 3373 ± 1115 ppm

Asociados con:
Ag : 5.05 ± 3.42 ppm
Cu : 131 ± 29 ppm
Fe : 7.02 ± 0.93 %
S : 4.7 ± 1.2 %
Sb : 30 ± 10 ppm
Zn : 1 386 ± 588 ppm
Hg : ~1500 ppb
(LC-I, Flanco W)



Manrique & Agurto, 2022

4. Avance en la caracterización de relaves mineros

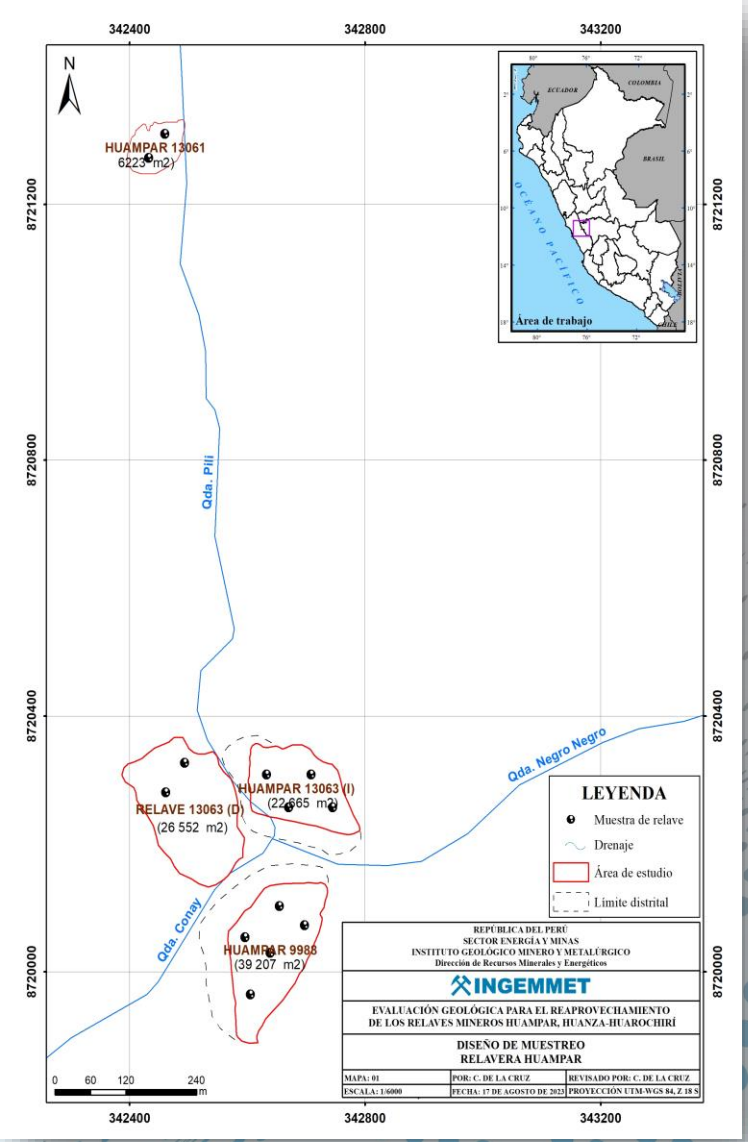


Fuente: De La Cruz, inédito.

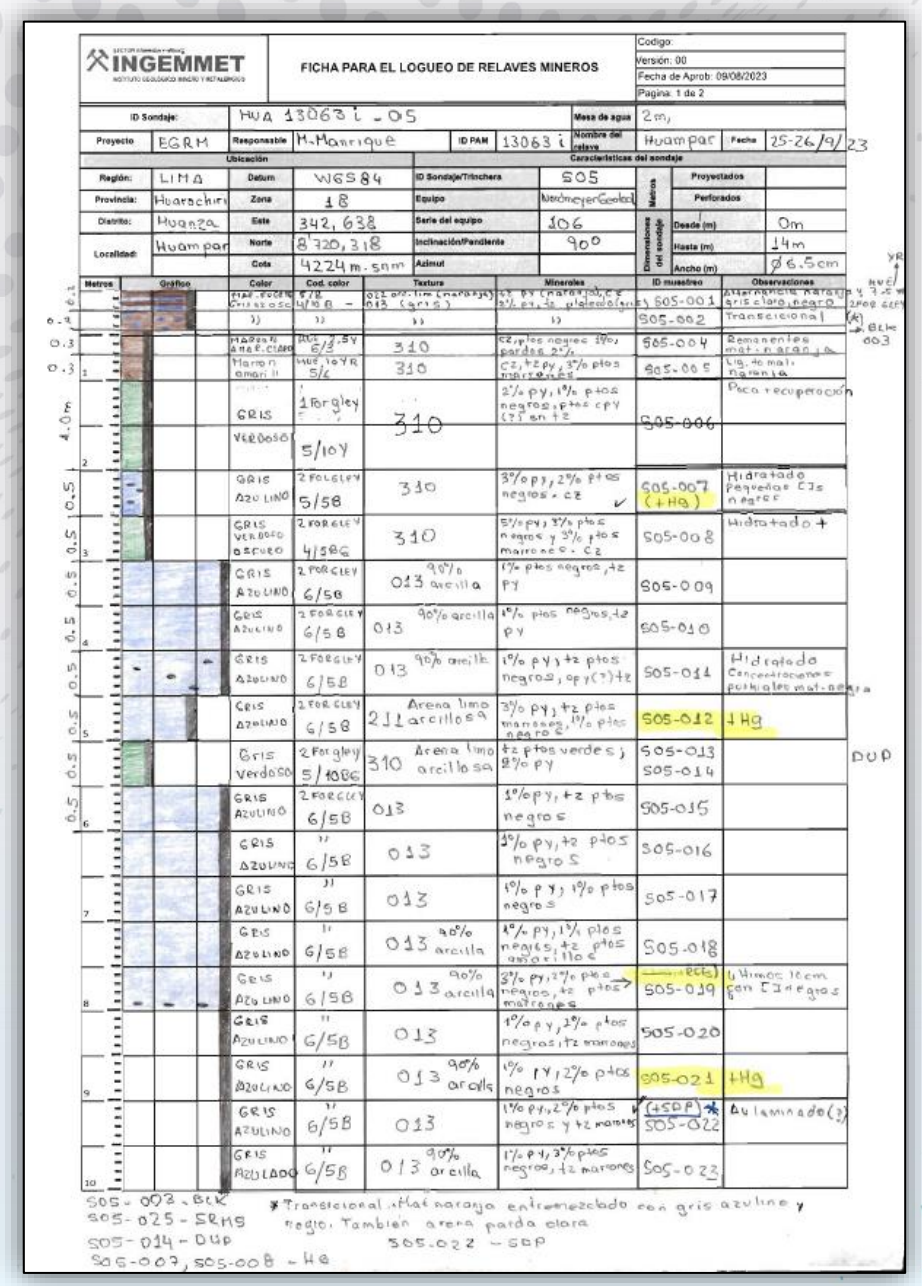
4. Avance en la caracterización de relaves mineros

Caracterización geoquímica y mineralógica de los relaves mineros de Huampar - Lima

- En el **2023** en conjunto con la Dirección General de Minería (DGM) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) se viene desarrollando la "Evaluación Geológica para el Reaprovechamiento de los Relaves Mineros, en la ex Unidad Minera Huampar en el distrito de Huanza, provincia Huarochirí-Lima".



4. Avance en la caracterización de relaves mineros



INGEMMET — FICHA PARA EL LOGUEO DE RELAVES MINEROS

Codigo:
Versión: 00
Fecha de Aprob: 09/08/2023
Pagina: 1 de 2

ID Sondaje:	HUA 13063 i - 05			Mesa de agua	2m
Proyecto	EGRM	Responsable	M. Manrique	ID PAM	13063 i
Nombre del relave	Huampar	Fecha	25-26/9/23		

Ubicación

Región:	LIMA	Datum	WGS84
Provincia:	Huarochiri	Zona	18
Distrito:	Huanza	Este	342,638
Localidad:	Huampar	Norte	8720,318
		Cota	4224 m.s.n.m

Características del sondaje

ID Sondaje/Trinchera	S05	Metros	Proyectados
Equipo	MeroMeyerGeolab		Perforados
Serie del equipo	106	Dimensiones del sondaje	Desde (m): 0m
Inclinación/Pendiente	90°		Hasta (m): 14m
Azimut			Ancho (m): Ø 6.5cm

Metros	Gráfico	Color	Cod. color	Textura	Minerales	ID muestreo	Observaciones
0.1		Gris verdoso	4/10 B –	013 (arcilla)	cz, py (marrón), cz 2% py, tz plateadolaminar	S05-001	Alternancia naranja y gris claro, negro
0.3		"	"	"	"	S05-002	Transcicional
0.3		Marrón anaranjado	6/3	310	cz, ptos negros 1%, pardos 2%	S05-004	Remanentes mat. naranja
0.3		Marrón amarillo	5/6 HUE 10YR	310	cz, tz py, 3% ptos insersados	S05-005	Lig. mal naranja
4.0m		GRIS	1 Forgley	310	2% py, 1% ptos negros, ptos cpy (?) en tz	S05-006	Poca recuperación
2		VERDOSO	5/10Y				
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 5/5B	310	3% py, 2% ptos negros, cz	S05-007 (+Hg)	Hidratado pequeños CJs negros
0.5		GRIS VERDOSO OSCURO	2 FORGLEY 4/5BG	310	5% py, 3% ptos negros y 3% ptos marrones, cz	S05-008	Hidratado +
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 6/5B	90% 013 arcilla	1% ptos negros, tz py	S05-009	
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 6/5B	013 90% arcilla	1% ptos negros, tz py	S05-010	
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 6/5B	013 90% arcilla	1% py, tz ptos negros, py (?) tz	S05-011	Hidratado Concentraciones puntuales mat. negra
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 6/5B	Arena limo 211 arcillosa	3% py, tz ptos marrones, 1% ptos negros	S05-012	+Hg
0.5		GRIS VERDOSO	2 Forgley 5/10BG	310 Arena limo arcillosa	tz ptos verdes, 8% py	S05-013 S05-014	DUP
0.5		GRIS AZULINO	2 FORGLEY 6/5B	013	1% py, tz ptos negros	S05-015	
		GRIS AZULINO	" 6/5B	013	1% py, tz ptos negros	S05-016	
7		GRIS AZULINO	" 6/5B	013	1% py, 1% ptos negros	S05-017	
		GRIS AZULINO	" 6/5B	013 90% arcilla	1% py, 1% ptos negros, tz ptos amarillos	S05-018	
8		GRIS AZULINO	" 6/5B	013 90% arcilla	3% py, 2% ptos negros, tz ptos marrones	S05-019	Último 10cm con CJ negros
		GRIS AZULINO	" 6/5B	013	1% py, 2% ptos negros, tz marrones	S05-020	
9		GRIS AZULINO	" 6/5B	013 90% arcilla	1% py, 2% ptos negros	S05-021	+Hg
		GRIS AZULINO	" 6/5B	013	1% py, 2% ptos negros y tz marrones	(+SDP) * S05-022	Aulaminado (?)
10		GRIS AZULADO	" 6/5B	013 90% arcilla	1% py, 3% ptos negros, tz marrones	S05-023	

S05-003 - BLK
S05-025 - SRMS
S05-014 - DUP
S05-007, S05-008 - Hg

* Transicional: tal naranja entremezclado con gris azulino y negro. También arena parda clara
S05-022 - SDP

Equipo de trabajo

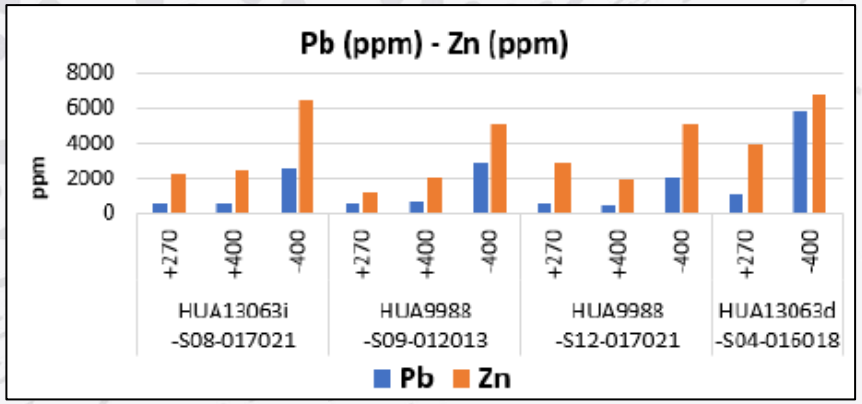
Toma de lecturas espectrales

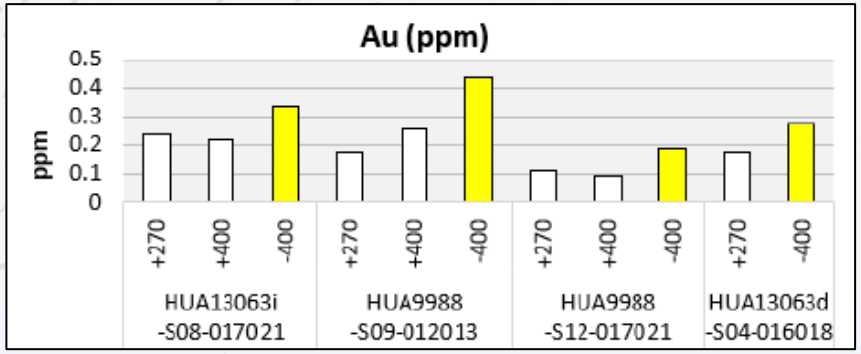
Logueo geológico

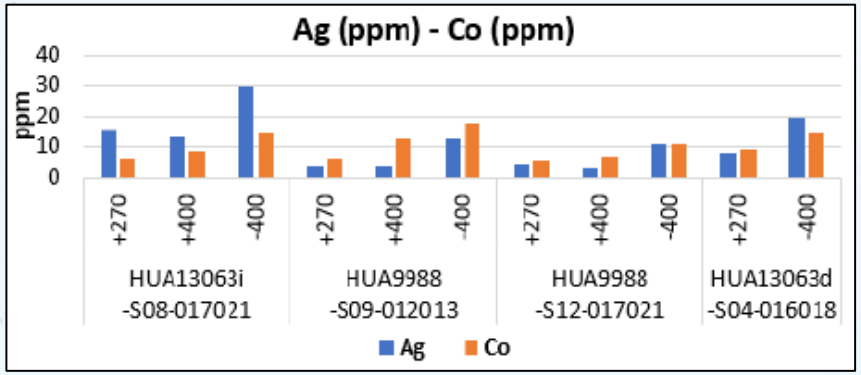
Medición multielemental

4. Avance en la caracterización de relaves mineros

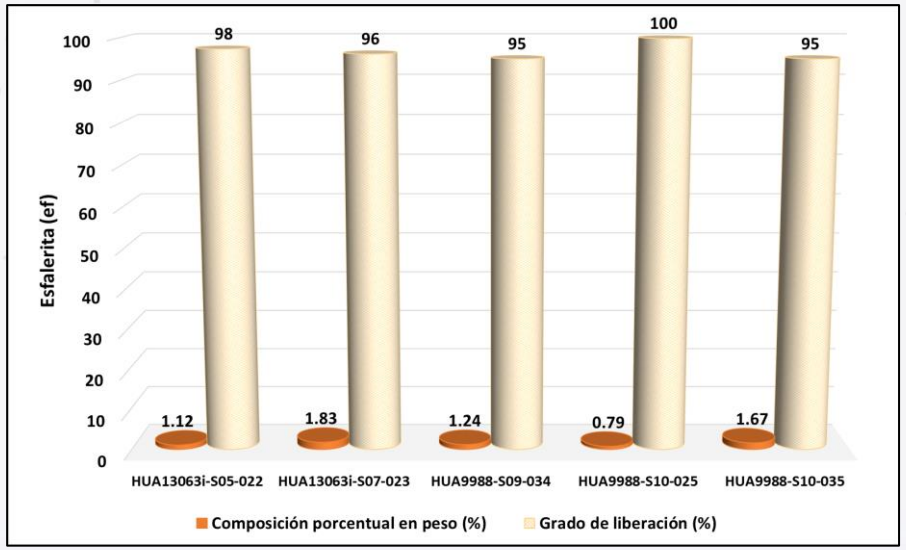
Análisis granulométrico

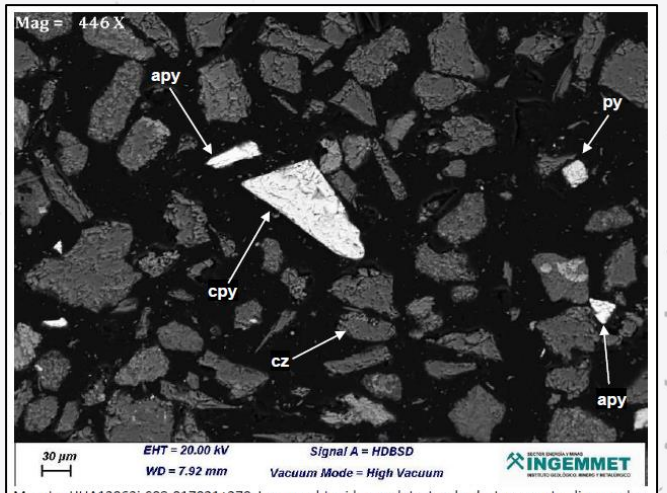




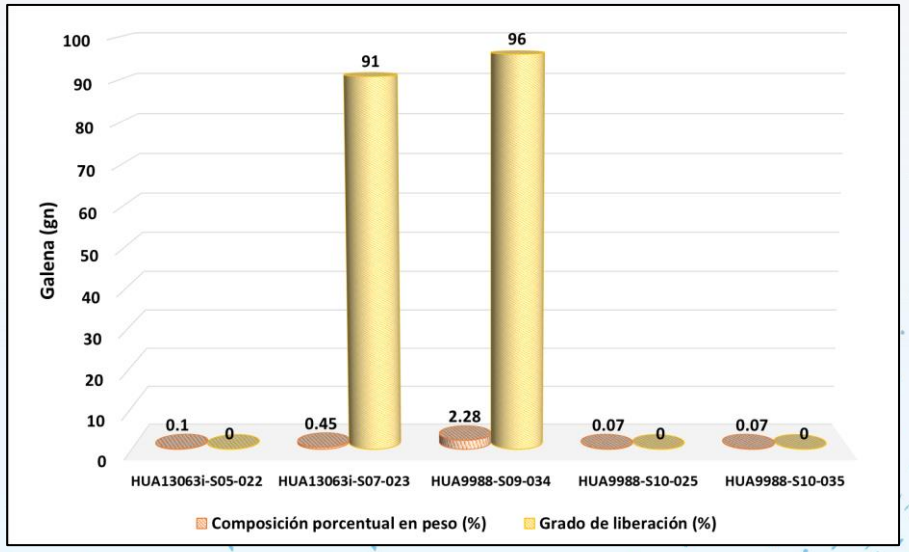


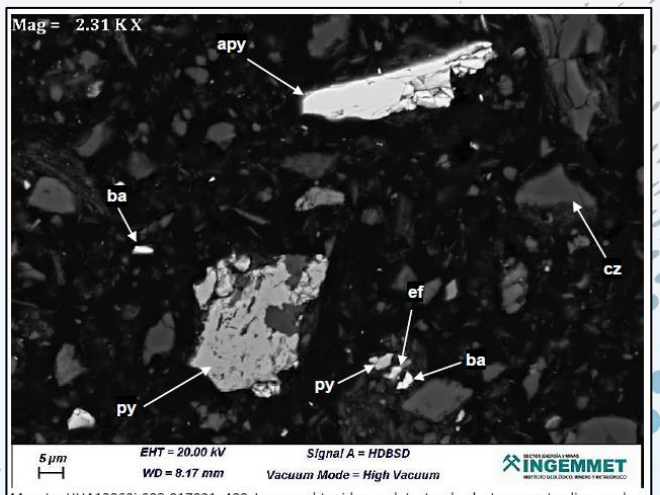
Análisis mineralógico y grado de liberación





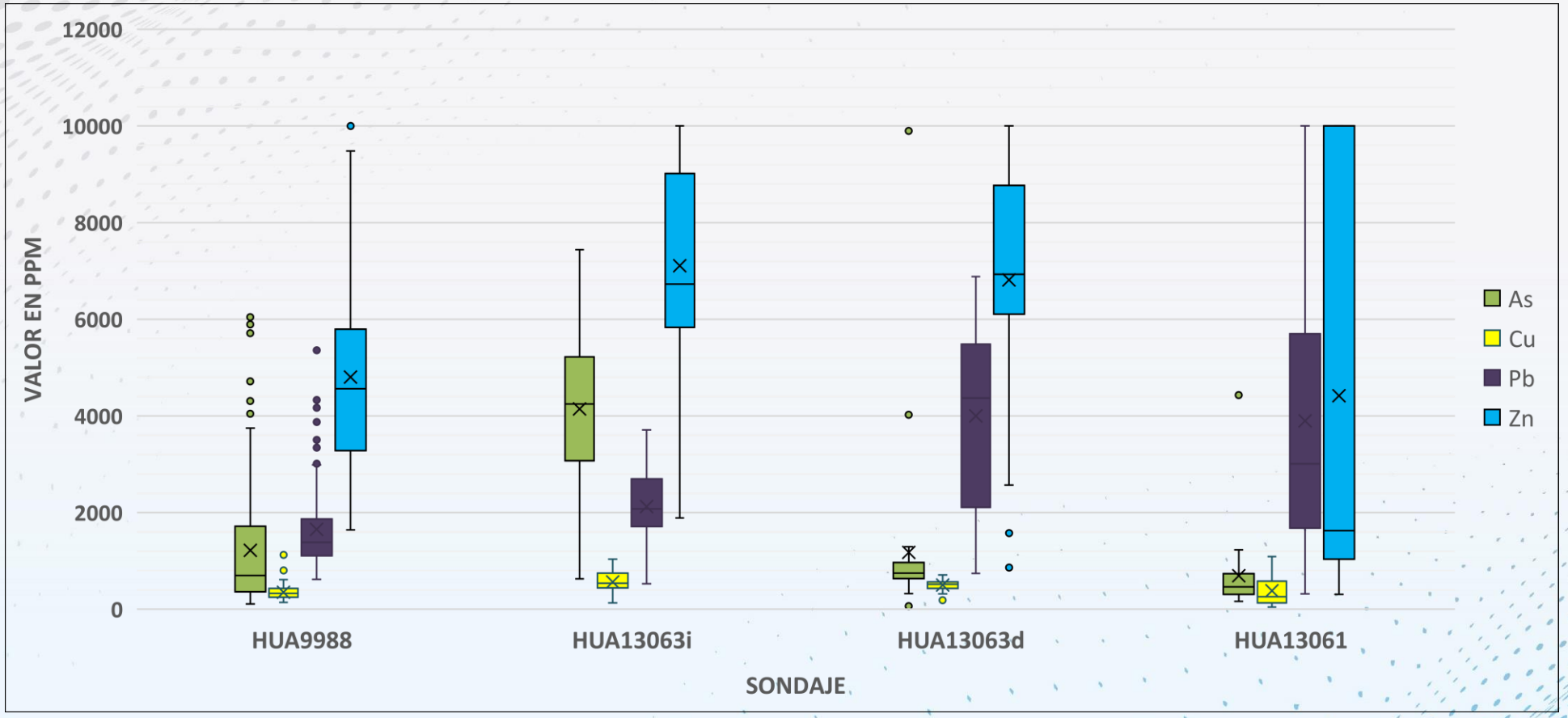
Muestra HUA13063i-S08-017021+270. Imagen obtenida con detector de electrones retrodispersados. Partículas libres de calcopirita: cpy, arsenopirita: apy y pirita: py. Además, nótese los granos libres de gangas de cuarzo: cz.





Muestra HUA13063i-S08-017021 -400. Imagen obtenida con detector de electrones retrodispersados. Partículas libres de arsenopirita: apy, pirita: py y esfalerita: ef. Además, nótese los granos libres de gangas de cuarzo: cz baritina: ba.

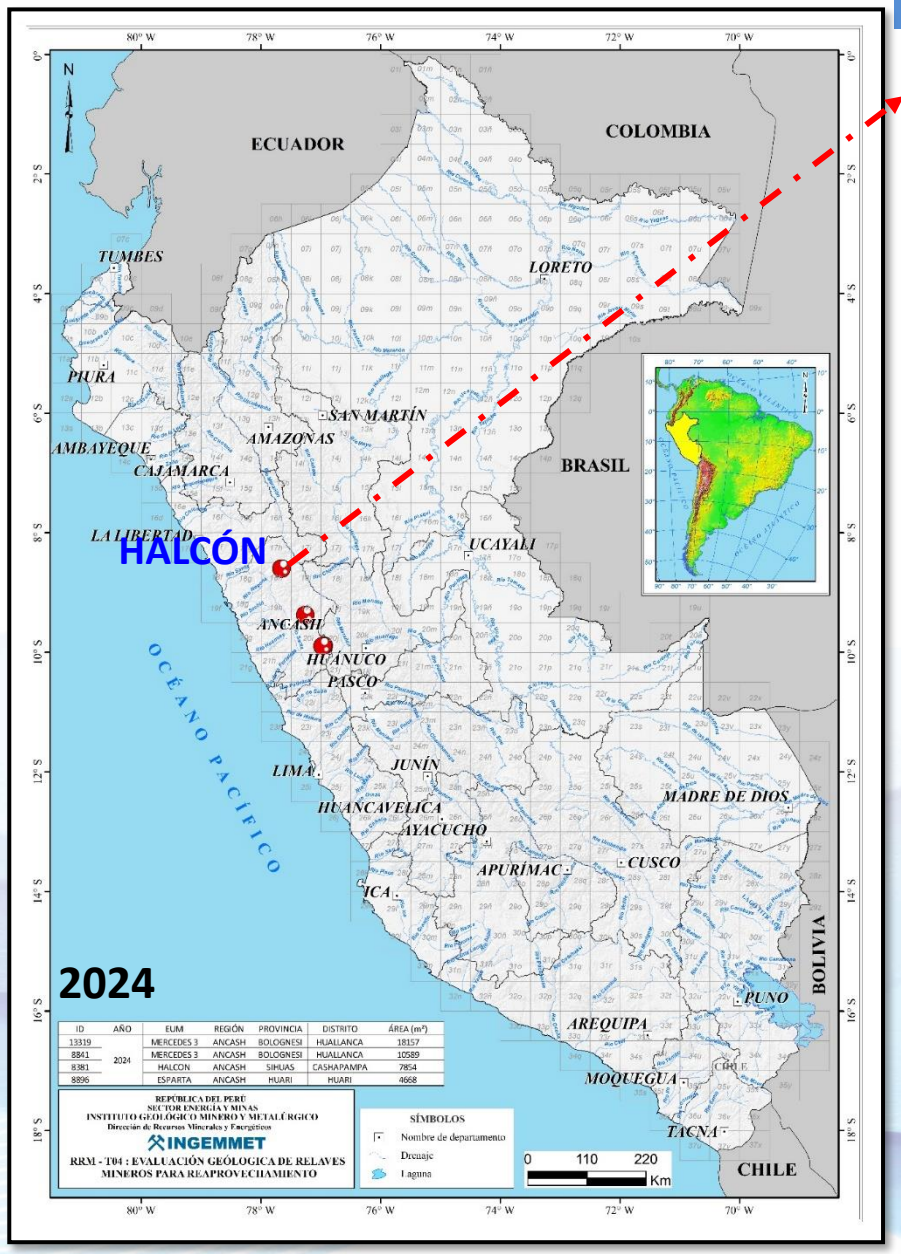
Distribución geoquímica de Zn, Pb, Cu y As en relaves mineros de Huampar - Lima



Elemento		Valor mínimo	Valor máximo
Au	(ppm)	0.04	3.65
Ag	(ppm)	1.5	77
As	(ppm)	65.8	9899
Cd	(ppm)	1.02	116
Cu	(ppm)	44.3	1125
Pb	(%)	319	1.6
Zn	(%)	310	2

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

ACTIVIDAD RRM-T05: EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE RELAVES MINEROS PARA SU REAPROVECHAMIENTO



ID	AÑO	EUM	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ÁREA (m²)
13319	2024	MERCEDES 3	ANCASH	BOLOGNESI	HUALLANCA	18157
8841		MERCEDES 3	ANCASH	BOLOGNESI	HUALLANCA	10589
8381		HALCON	ANCASH	SIHUAS	CASHAPAMPA	7854
8896		ESPARTA	ANCASH	HUARI	HUARI	4668

Fotogrametría

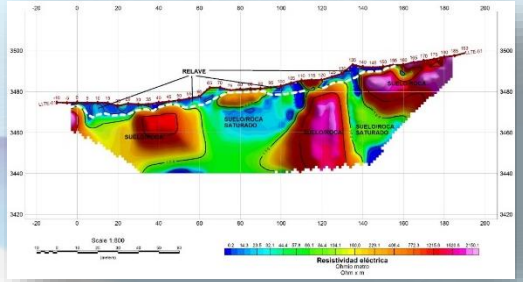
Muestreo de aguas

Geoquímica

Tipo de muestra	Tipo de análisis y/o estudio	Cantidad
Relave	Análisis químico	40
	Difracción de rayos X	10
	Microscopía de electrónica de barrido	3
	Análisis de espectros minerales (terraspec)	16
	Ensayos de flotación	5
	Cianuro libre	1
	Cianuro total	1
	Microsonda	1
	Análisis granulométrico	1
Suelo	Análisis químico	18

Puntos de control

Geofísica



Pruebas de infiltración

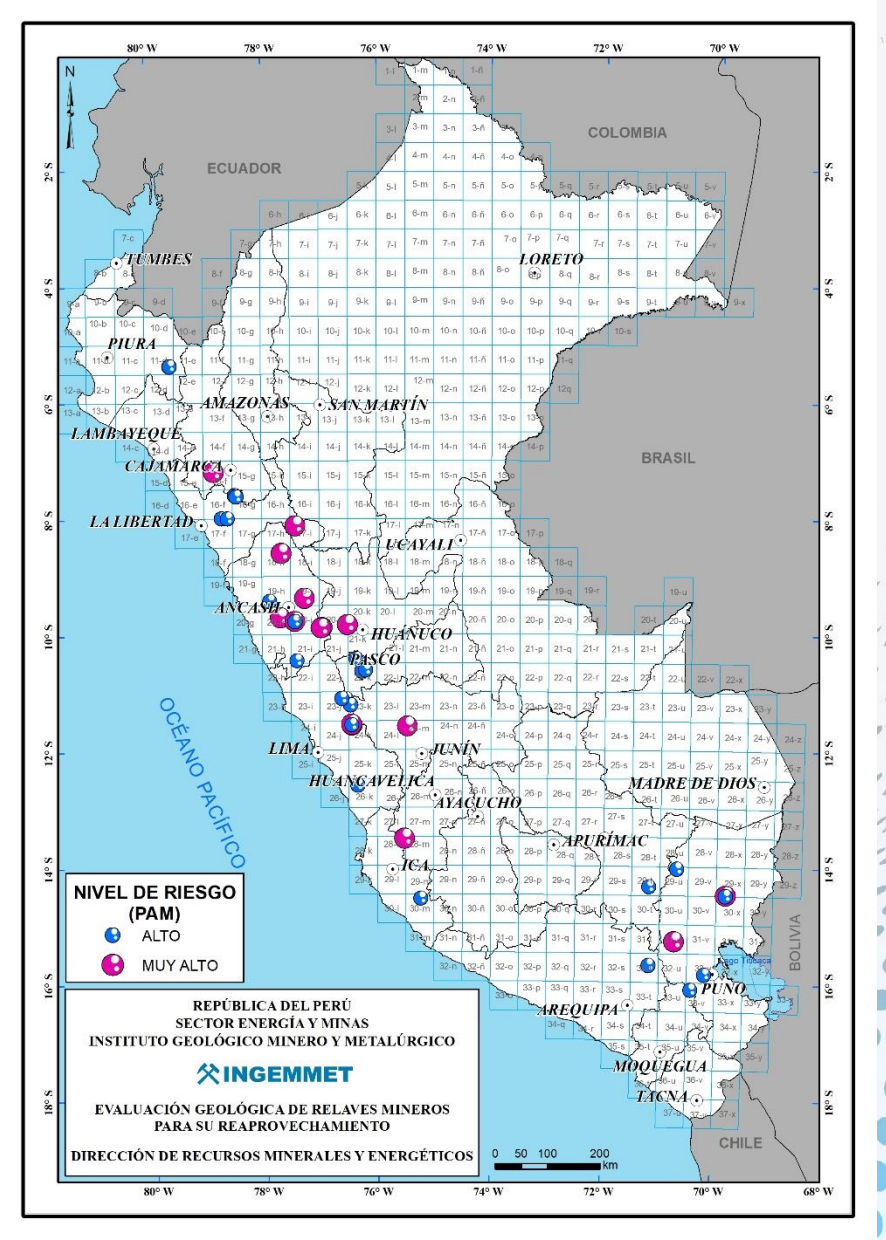
Hal-EI-004	
Norte:	9048476
Este:	207556
Cota:	3382
Fecha:	30/04/2024
Hora:	13:50
t (minutos)	d (Cm)
1	47
2	38
3	32
4	35
5	38
6	32
7	38
8	37
9	42
10	41

Observaciones
Realizado en otro sector del relave observandose un deposito mas compacto, se hizo a 55 cm de profundidad

- 15 muestras de aguas.
- 06 ensayos de infiltración, método de Lefranc.
- 01 instalación de piezómetro.

5. Desafíos y oportunidades

- ✓ En el próximo lustro, se priorizará la Evaluación Geológica de los PAM de subtipo Relaves Mineros categorizados con nivel de riesgo Muy Alto y Alto, según la lista priorizada por el MINEM. A mediano y largo plazo se realizará estudios en relaves con nivel de riesgo medio y bajo.
- ✓ Se realizará investigaciones geoquímicas y mineralógicas de elementos críticos y/o estratégicos y tierras raras que pueden ser reaprovechables de los relaves mineros.
- ✓ Se empleará técnicas de fotogrametría y estudios de sensores remotos con tecnología de drones multiespectrales, para obtener de manera rápida y oportuna información multiespectral.
- ✓ Se innovará en estudios geometalúrgicos aplicados a relaves mineros para desarrollar modelos predictivos de reaprovechamiento de minerales de valor de manera sostenible.
- ✓ Se desarrollará estudios geotécnicos para evaluar la estabilidad física de los depósitos de relaves mineros.



6. CONCLUSIONES

✓ En convenio con la DGM del MINEM en el primer lustro se priorizará la evaluación geológica para el reaprovechamiento de relaves mineros de nivel de riesgo Muy Alto y Alto.

✓ El INGEMMET esta en la capacidad para evaluar los pasivos ambientales mineros, con énfasis a los de subtipo relaves y desmontes mineros, por su relevancia económica, social y ambiental.

✓ Innovar en investigaciones de elementos críticos y/o estratégicos y tierras raras que la industria requiere para la transición energética al 2050.