



**“Recuperación selectiva de metales en
aguas de mina”
Unidad Cerro de Pasco**



**Pablo Espinoza Tumialán
Luis Loaiza Ampuero**

Antecedentes

- Planta de Extracción por solventes (SX) y Electrodeposición (EW)
- Aplicación de la normatividad ambiental: DS N°016-93-EM
- Proceso:
 1. Lixiviación en Mina
 2. Lixiviación en superficie

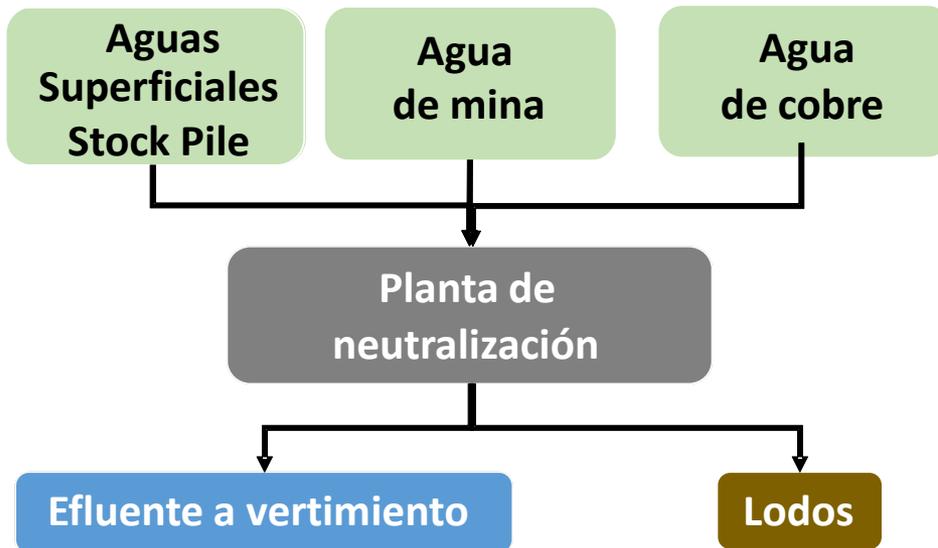
Especificaciones técnicas de lixiviación:

Mineral Cu			Lixivante glp.						Impregnado glp.					
	TMS x 1000	%Cu	Cu	Fe	ph	T°C	T.S.S ppm	Flujo GPM	Cu	Fe	ph	T°C	T.S.S ppm	Flujo GPM
Mina	27216	0.4	0.14	5.9	2.0	15.0	50	1800	0.4	8.00	1.30	30.0	10	1800

- **Lixivante:** 140 mg/L (ppm)
- **Impregnado:** 400 mg/L

Tratamiento de aguas

Procesos de neutralización y precipitación de metales utilizando lechada de cal

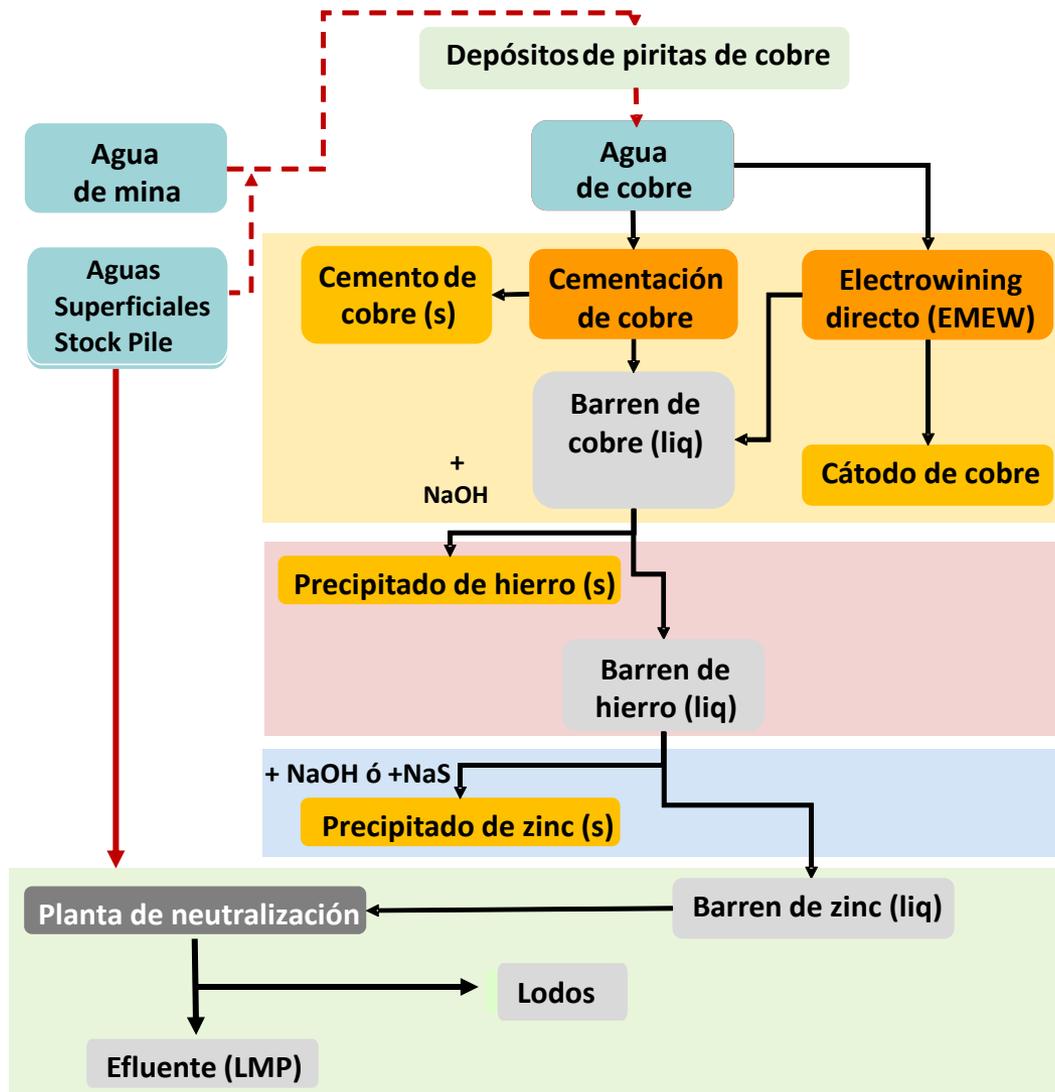


Aguas ácidas	pH	Cu mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L
Interior mina	1	108,30	1,72	493,50	3106
Superficiales	2,5	15,29	0,31	54,69	1837
Agua de cobre	1	757,89	1,29	1158,08	14124

Planta de neutralización



Alternativas para recuperación de metales



- 1 Recuperación de cobre por cementación o electrodeposición
- 2 Recuperación de fierro por precipitación
- 3 Recuperación de zinc por precipitación ácida o alcalina
- 4 Neutralización de agua de bajo contenido metálico

1. Recuperación de cobre por cementación

Prueba piloto

t h	Cu mg/L	% precip.
0	1401.25	0.00
1	1216.25	13.20
2	539.00	61.53
3	250.80	82.10
4	161.50	88.47
5	64.00	95.43
6	52.50	96.25



- Planta de cementación con reactores cilíndricos de base cónica y rejilla separadora
- Diseño in house

Montaje de la planta



Operación a escala industrial



Operación de planta de cementación

- El cemento de cobre (Cu>80%), es cosechado en descargas intermitentes, asistido por aireación



Descarga de cemento de cobre



Transporte de producto final

1. Recuperación de cobre por electrodeposición



Celda cilíndrica



Cátodo de cobre cilíndrico

- Pruebas a escala de laboratorio para determinar la viabilidad de aplicar tecnología EMEW®
- Obtención directa de cátodos de cobre electrolítico a partir de agua de cobre (1.6 – 8 g/l)



Ventajas de la electrodeposición directa

Muestra	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)
Agua de Mina >10ppm Fe	657	17	>10,000	3
Agua de Mina <10ppm Fe	474	572	3	*NR

- Operar directamente con flujo de agua de mina, con alto o bajo contenido de Fe
- Se elimina la etapa de extracción por solventes (SX) del proceso tradicional



Prueba de laboratorio

2. Recuperación de hierro por precipitación



Precipitación de Fe

- En la solución resultante de recuperación de cobre, se oxida todo el hierro con peróxido de hidrógeno y se precipita con hidróxido hasta pH 4,2



Producto obtenido

Sólido:	Cu	Pb	Zn	Fe
	%	%	%	%
Precipitado de Fe	0,06	0,07	0,24	39,67



3. Recuperación de zinc por precipitación ácida



Precipitación de Zn

- ✓ En la solución resultante de la recuperación del fierro, a pH 4,2 se precipita el zinc con solución de sulfuro de sodio obteniendo sulfuro de zinc



Producto obtenido

Sólido	Zn %	Fe %	Cu %
Precipitado ZnS	35.15	0.76	17.85

3. Recuperación de zinc por precipitación alcalina



Precipitación de Zn

- En la solución resultante de la recuperación del fierro, desde pH 4,2 se alcaliniza con hidróxido (cal) hasta pH 9,1 precipitando el hidróxido de zinc



Producto obtenido

Sólido	Zn %	Fe %
Precipitado Zn(OH) ₂	11.46	0.88

Usos comerciales de Fe

- Lodos de precipitación de hierro como material base para cobertura de stock pile, base para pigmentos, floculantes, abrasivos finos.



Pruebas de percolación con cobertura

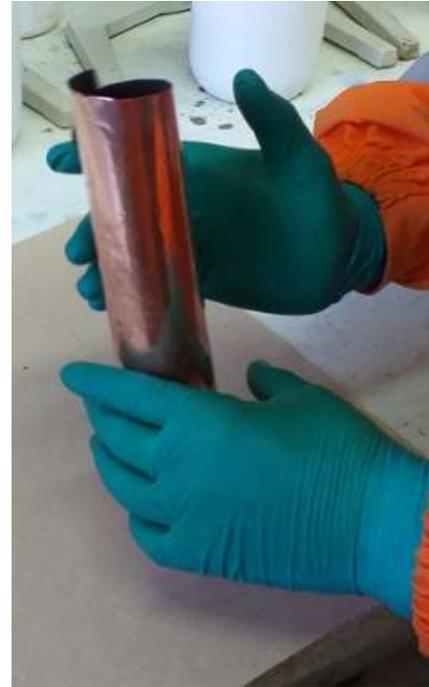


Coberturas en stockpile

Usos comerciales de Cu



Sulfato de cobre como reactivo de flotación



Cobre electrolítico 99.99%

Usos comerciales de Zn



**Base de pinturas y
medicinas**



**Concentrado químico
de Zn**

Hacia donde vamos...

1. Sostenibilidad de las operaciones con buenas prácticas de Gestión Ambiental
2. Control de la generación de aguas superficiales de stock piles
3. Asegurar estándares de calidad en el vertimiento
4. Potencial aprovechamiento de las aguas de vertimiento para consumo a través de un procesos de osmosis
5. Potencial aprovechamiento de subproductos de los procesos de tratamiento a partir de los pasivos





Gracias...