



IMetChile contribuyendo a la educación continua
y al desarrollo de la metalurgia



RECORRIDO HISTÓRICO DE LA LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE COBRE

Dr. Sc. Jorge Ipinza Abarca
Ingeniero Civil Metalúrgico



Lixiviación de Minerales de Cobre con Sales de Cloruro
29 de mayo del 2020
ImetChile agradece a sus auspiciadores





Reseña histórica del uso en Chile del cloruro en la lixiviación

1873, M. Joly patentó un proceso para extraer cobre desde pirita usando solución de cloruro férrico.

1882, Doetsch aplica el mismo proceso a Minas Riotinto, previo al uso del sulfato férrico.

1962

- Lixiviación de atacamita en Codelco-Chuquicamata y Mantos Blancos
- Uso de agua de pozo salobre en Enami-Ojos del Salado

1987

- Minera Lipised de Compañía Minera de Tocopilla S.A.
- Uso de agua de mar en la lixiviación de minerales de óxidos

1996

- Minera Michilla (Patente).
- Lixiviación con agua de mar y aglomeración con CaCl_2 y H_2SO_4

2002

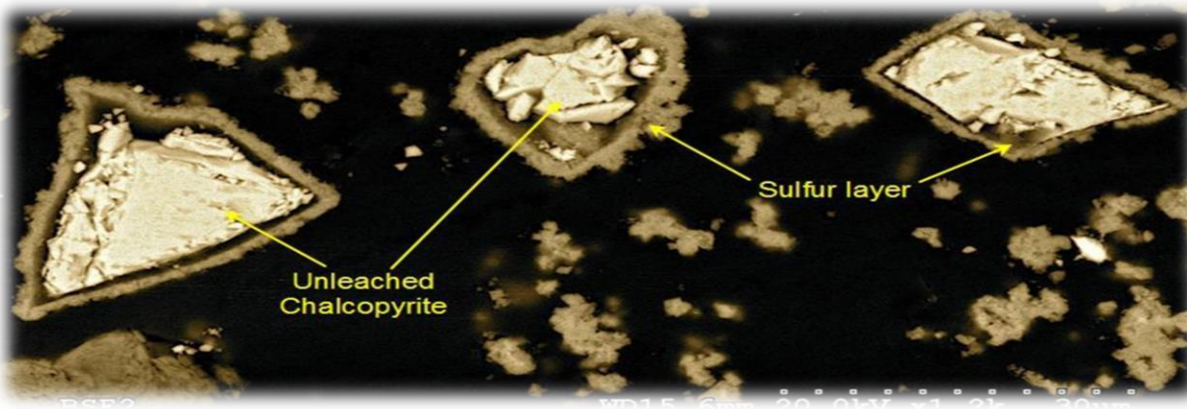
- BHP Billiton (Patente).
- Lixiviación de sulfuros de cobre con NaCl , agua y ácido sulfúrico concentrado.

2004

- Minera Michilla (Patente).
- Lixiviación de sulfuros de cobre en concentrados mezclados con NaCl-CaCl_2 , agua y ácido sulfúrico concentrado.



Desde la biolixiviación a la lixiviación con sales de cloruro



[Wan, 1984; Buttinelli, 1992]

CAMBIOS DE MINERALOGÍAS Y LEY DEL MINERAL

sulfuros de cobre secundarios

1980

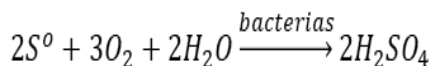
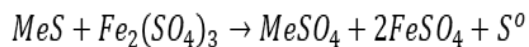
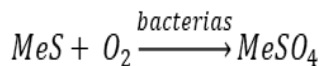
sulfuros de cobre mixtos

1970 → 2000

Sulfuros de cobre primarios

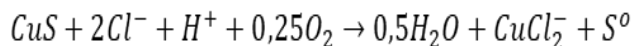
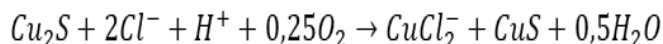
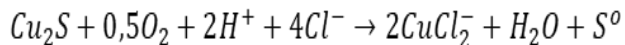
2015

(Bosecker, 1997)

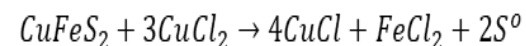
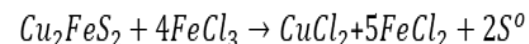
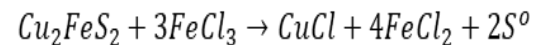


soluciones de sales de cloruro y agua de mar (salmueras)

Toro et al, 2019



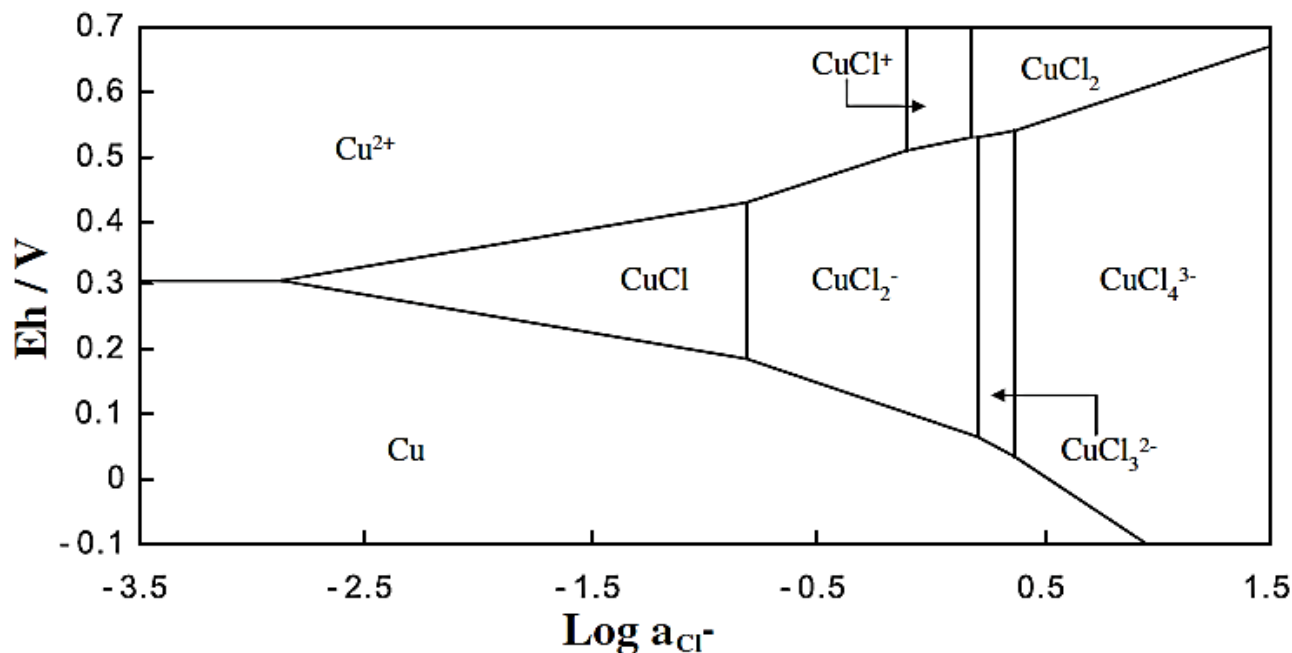
(Wang, 2005; Yoo et al, 2010)





Potencial redox en soluciones de cloruro

- El CuCl_2^- es la especie soluble dominante debido al acomplejamiento del Cu^+ con el Cl^- a temperatura ambiente y con una alta concentración de cloruro.
- Esta especie es estable en el rango de potenciales de 0 a 500 mV/ENH y $\text{pH} < 6-7$, dependiendo de la concentración de cloruro.

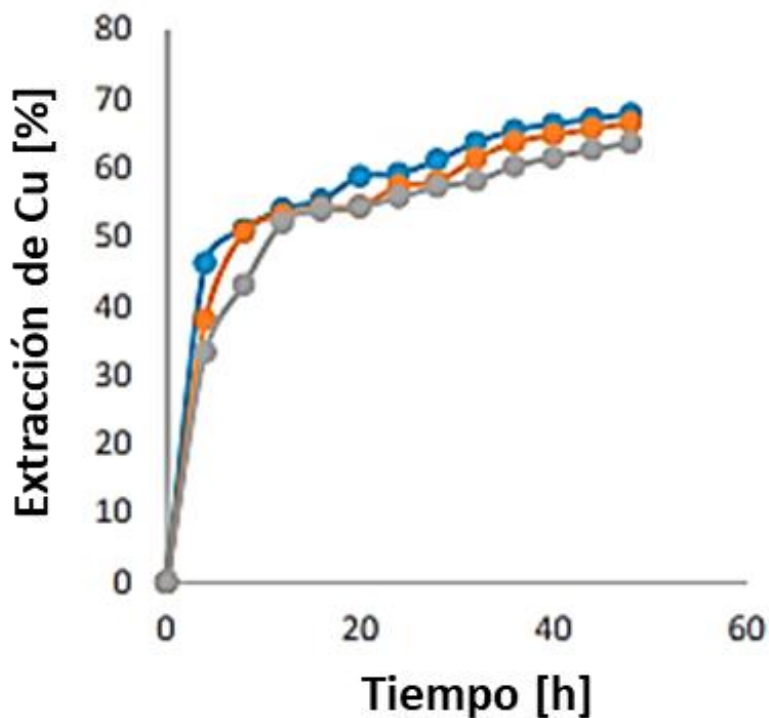


Solo los cloruros de mayor valencia como el cloruro cúprico y el cloruro férrico, oxidan a los sulfuros metálicos.

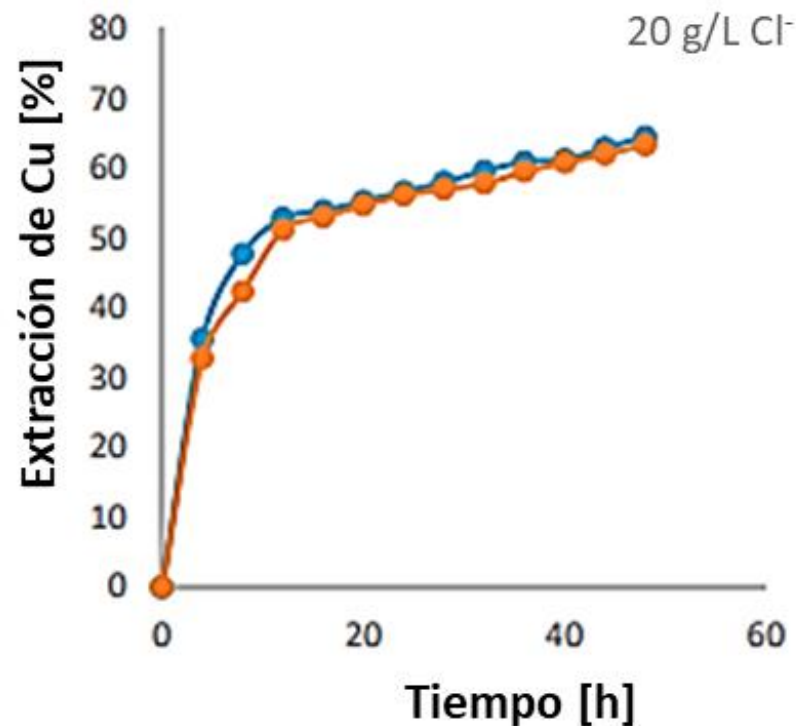


Extracción de cobre desde mineral de calcosina

- Mineral de calcosina (Cu_2S)
- $-147+104\ \mu\text{m}$
- $0,5\ \text{M}\ \text{H}_2\text{SO}_4$
- Temperatura ambiente



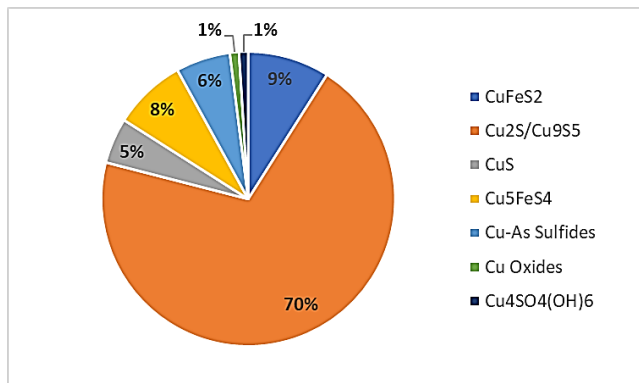
—●— 100 g/L —●— 50 g/L —●— 20 g/L



—●— agua proceso —●— agua de mar

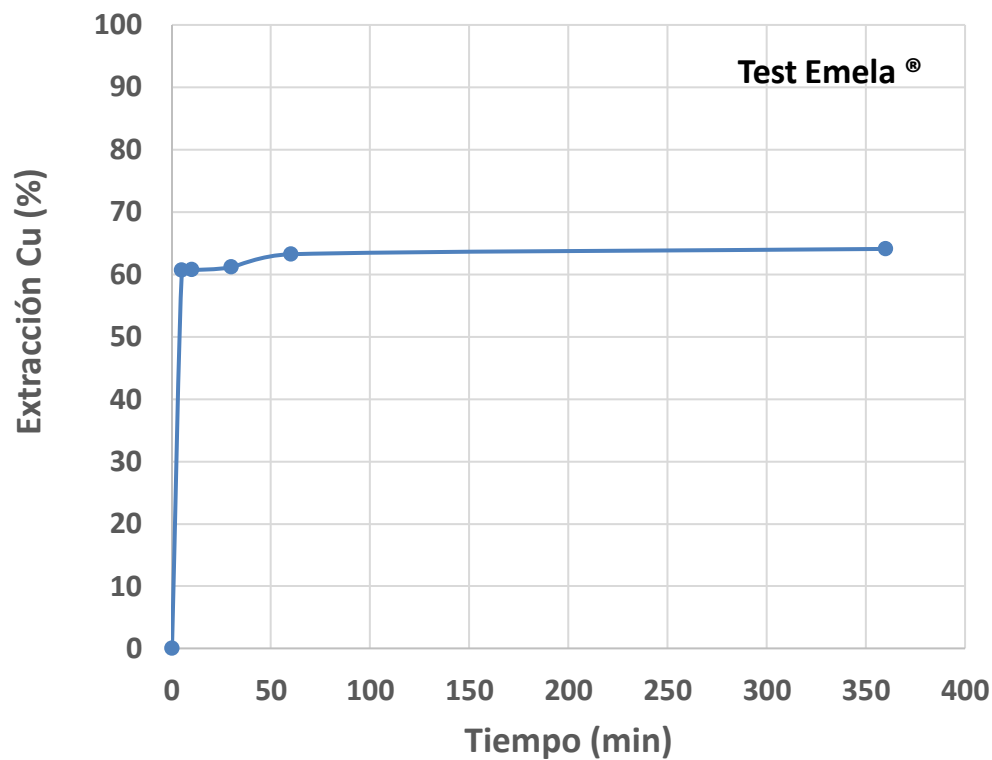
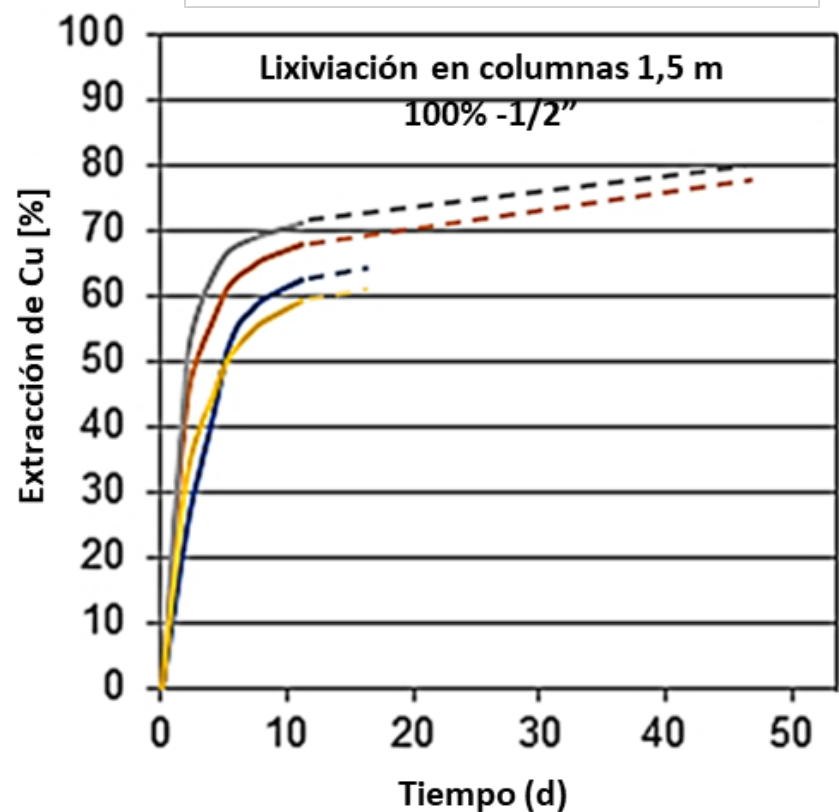


Pretratamiento químico de sulfuros de cobre secundarios



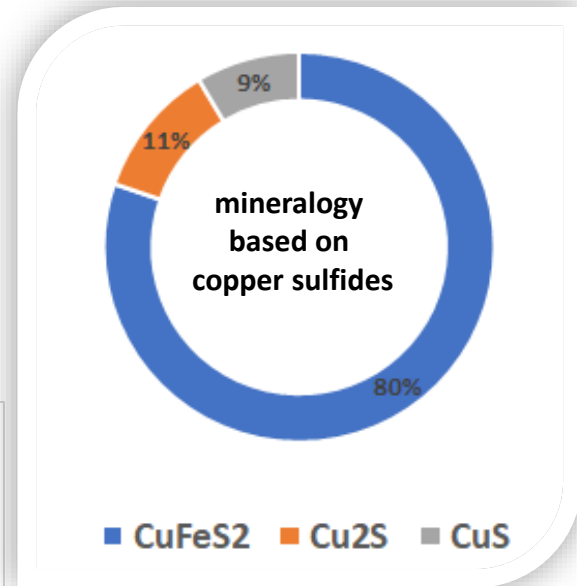
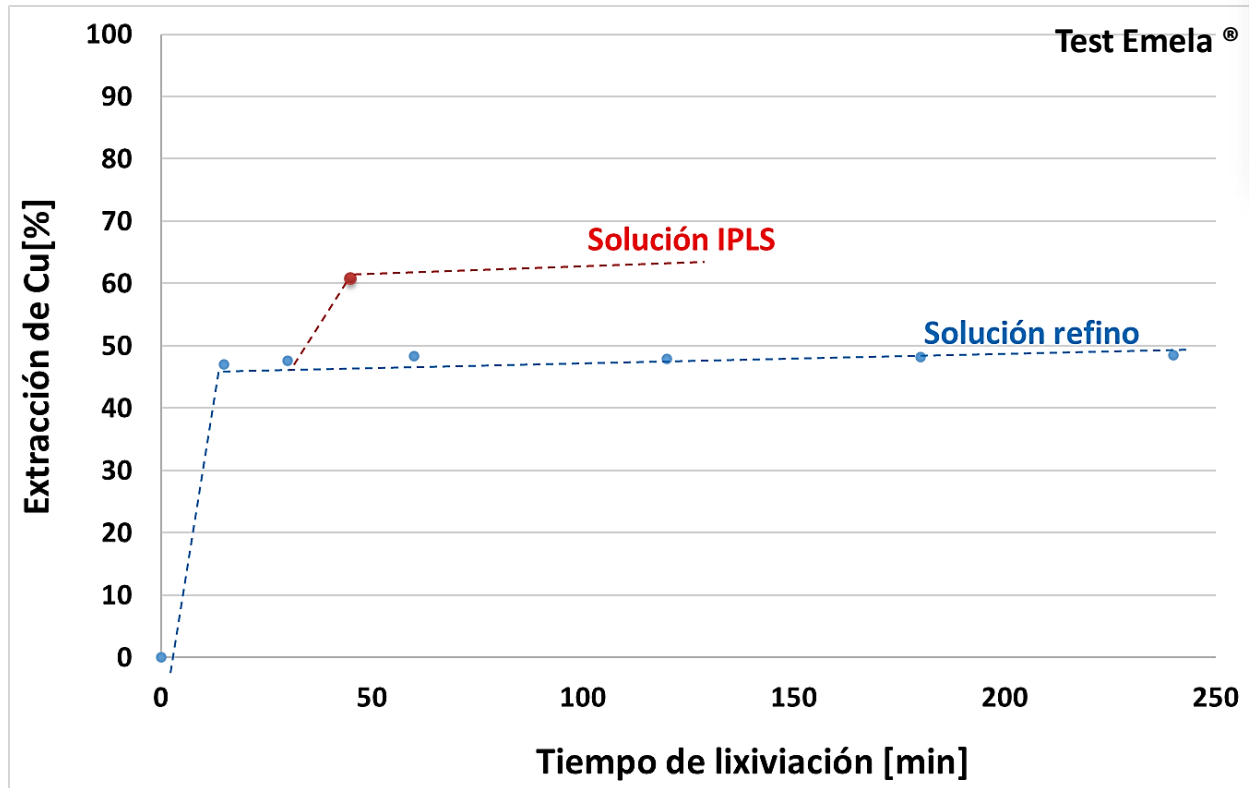
Test Emela[®]

- 140 μm
- temperatura ambiente
- 400 rpm
- pH=1,5
- 15 kg NaCl/t
- 30 d reposo
- 90% CEA
- Cl⁻ (solución) 50 g/L





Pretratamiento químico de sulfuros de cobre primario



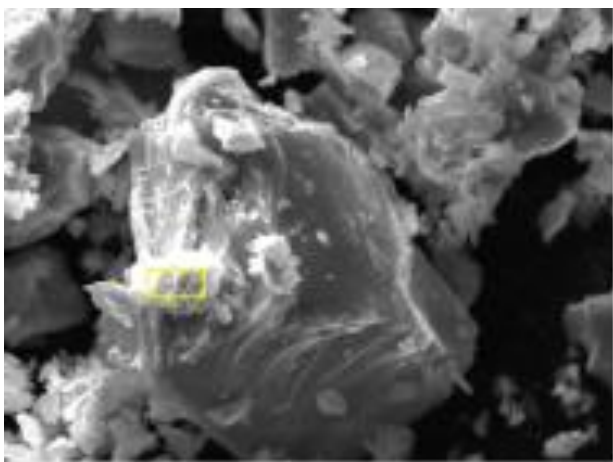
(UTFSM, 2018)



Análisis SEM de mineral de calcopirita sin y con pretratamiento

1

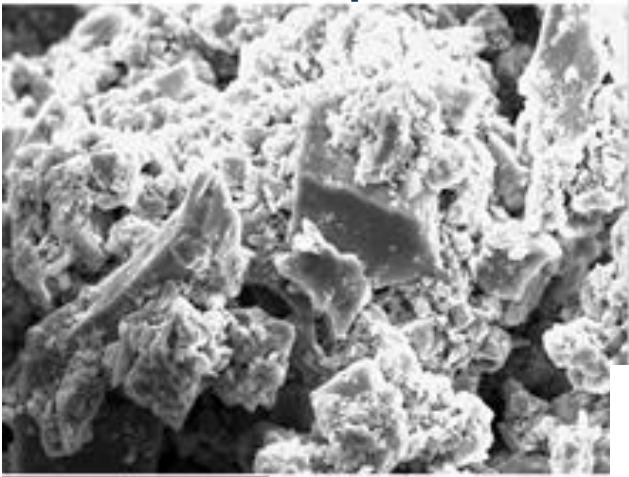
Sin pretratamiento



Elemento	Porcentajes	
	Peso	Atómico
O	11,45	22,06
S	32,47	31,20
Fe	22,00	12,14
Cu	24,62	11,94

2

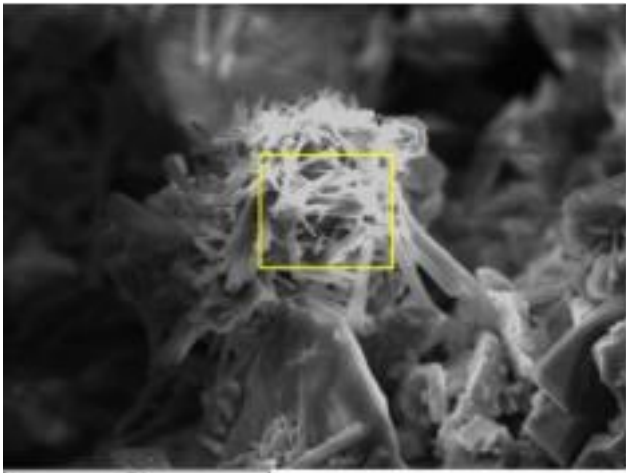
Con pretratamiento
15 días de reposo



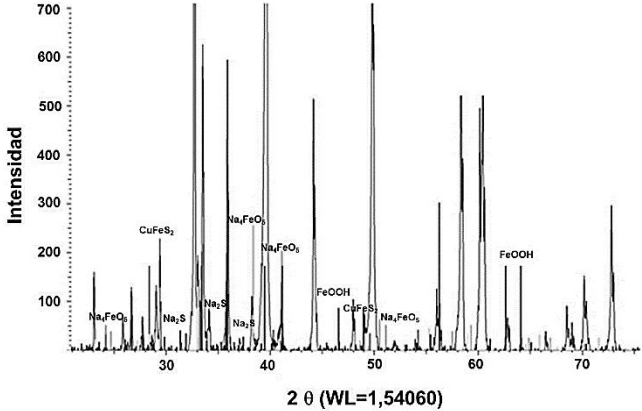
Elemento	Porcentajes	
	Peso	Atómico
O	16,07	35,06
S	28,07	30,56
Fe	25,88	16,17
Cu	26,97	14,82

3

Con pretratamiento
30 días de reposo



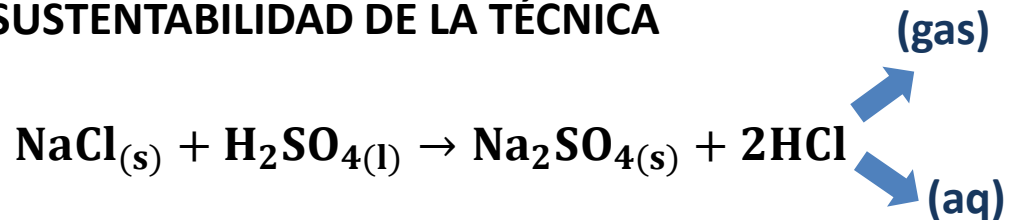
Elemento	Porcentajes	
	Peso	Atómico
O	48,4	63,36
Na	7,30	6,65
S	19,74	12,90
Fe	11,19	4,20
Cu	5,47	1,80





Formación de gases ácidos

CONTENCIÓN DE LOS GASES ÁCIDOS PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA TÉCNICA

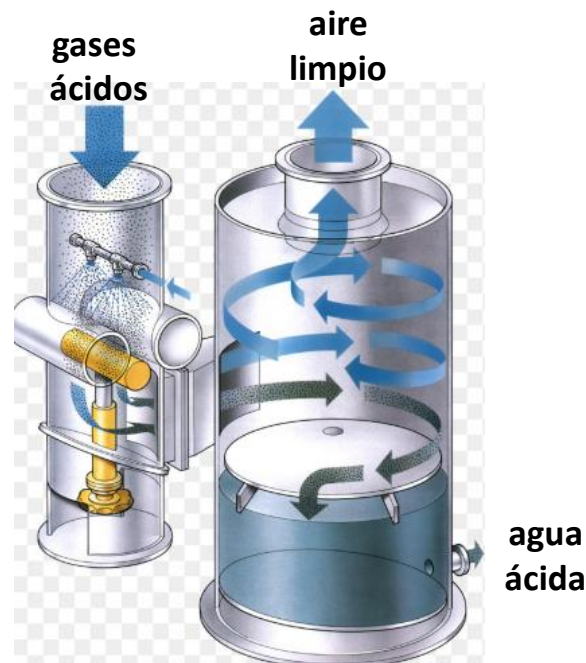


Alternativa 1

- Uso de lavadores de gases
- Uso intensivo de agua de OI

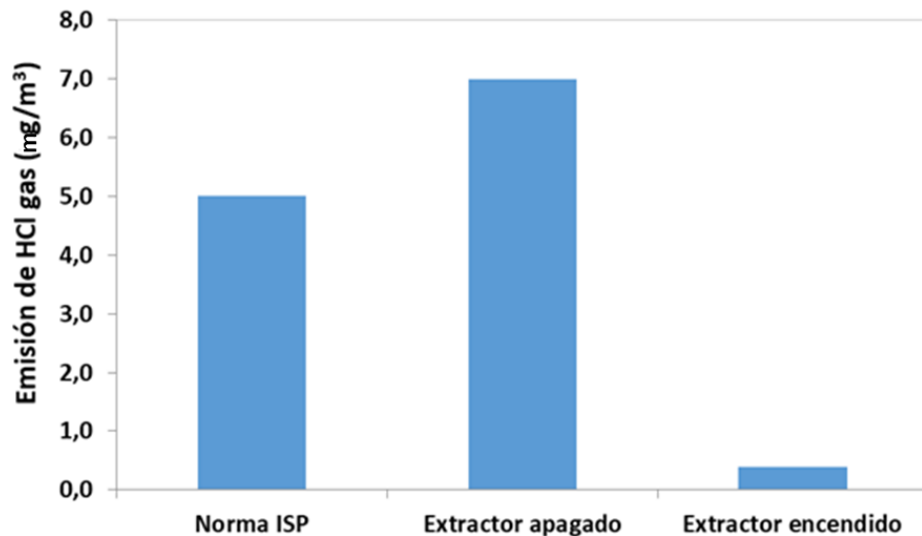
Alternativa 2

- Uso reactor de mezcla trifásica (RMT®)
- Recirculación de gases



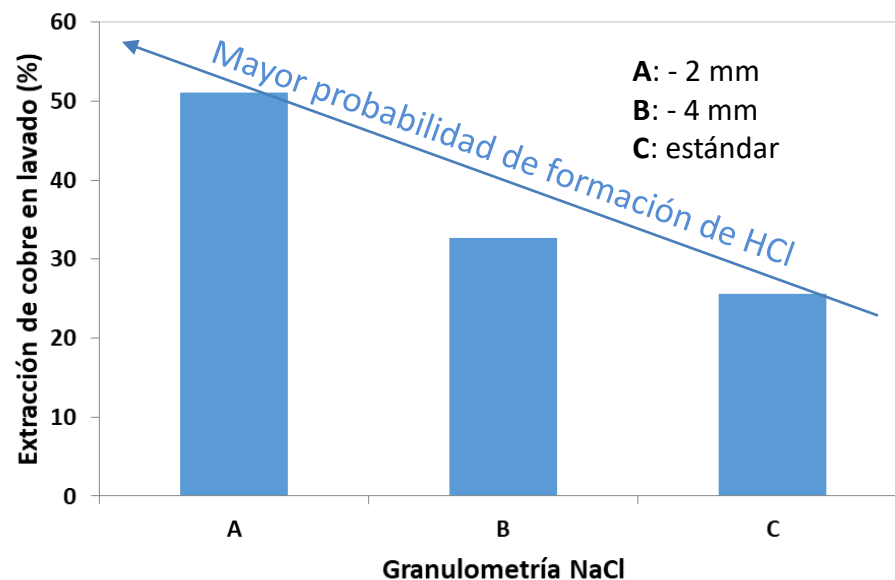


Formación de gases ácidos y tamaño partícula NaCl en RMT[®] con mineral de CPY



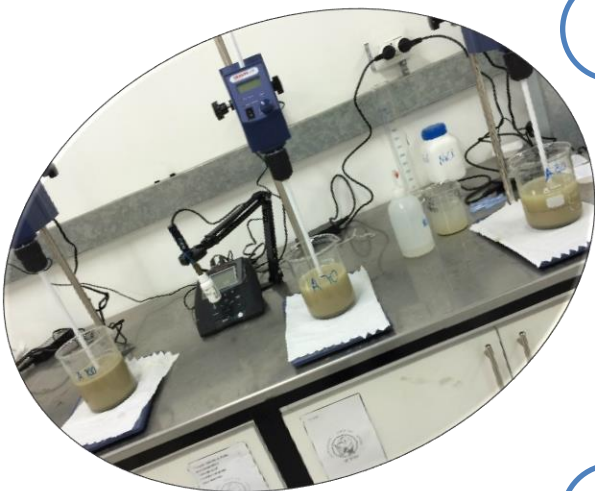
- Límite permisible absoluto de 6 mg/m³ (Art. 61, DS 594).
- Emisión de 0,01 a 0,1 kg HCl/Kg NaCl adicionado en el RMT[®]

La extracción de cobre en el lavado ácido sin NaCl, es del orden de 28% (caso A).





Nuevas aplicaciones de la mezcla $\text{NaCl-H}_2\text{SO}_4$



- 1 Lixiviación de metal blanco
- 2 Lixiviación de escoria de fundición
- 3 Lixiviación de rípios de botaderos de cobre
- 4 Lixiviación de relaves de cobre y de oro
- 5 Lixiviación de polvos de fundición/polvos MP10
- 6 Lixiviación de concentrados de cobre y de moly
- 7 Lixiviación de minerales de oro complejos



IMetChile contribuyendo a la educación continua
y al desarrollo de la metalurgia



RECORRIDO HISTÓRICO DE LA LIXIVIACIÓN DE MINERALES DE COBRE

Dr. Sc. Jorge Ipinza Abarca
Ingeniero Civil Metalúrgico



Lixiviación de Minerales de Cobre con Sales de Cloruro
29 de mayo del 2020
ImetChile agradece a sus auspiciadores

