



# *FISICO-QUIMICA METALURGICA*

*INTRODUCCIÓN  
Clase 02/02*

*Prof. Dr. Leandro Voisin A.*

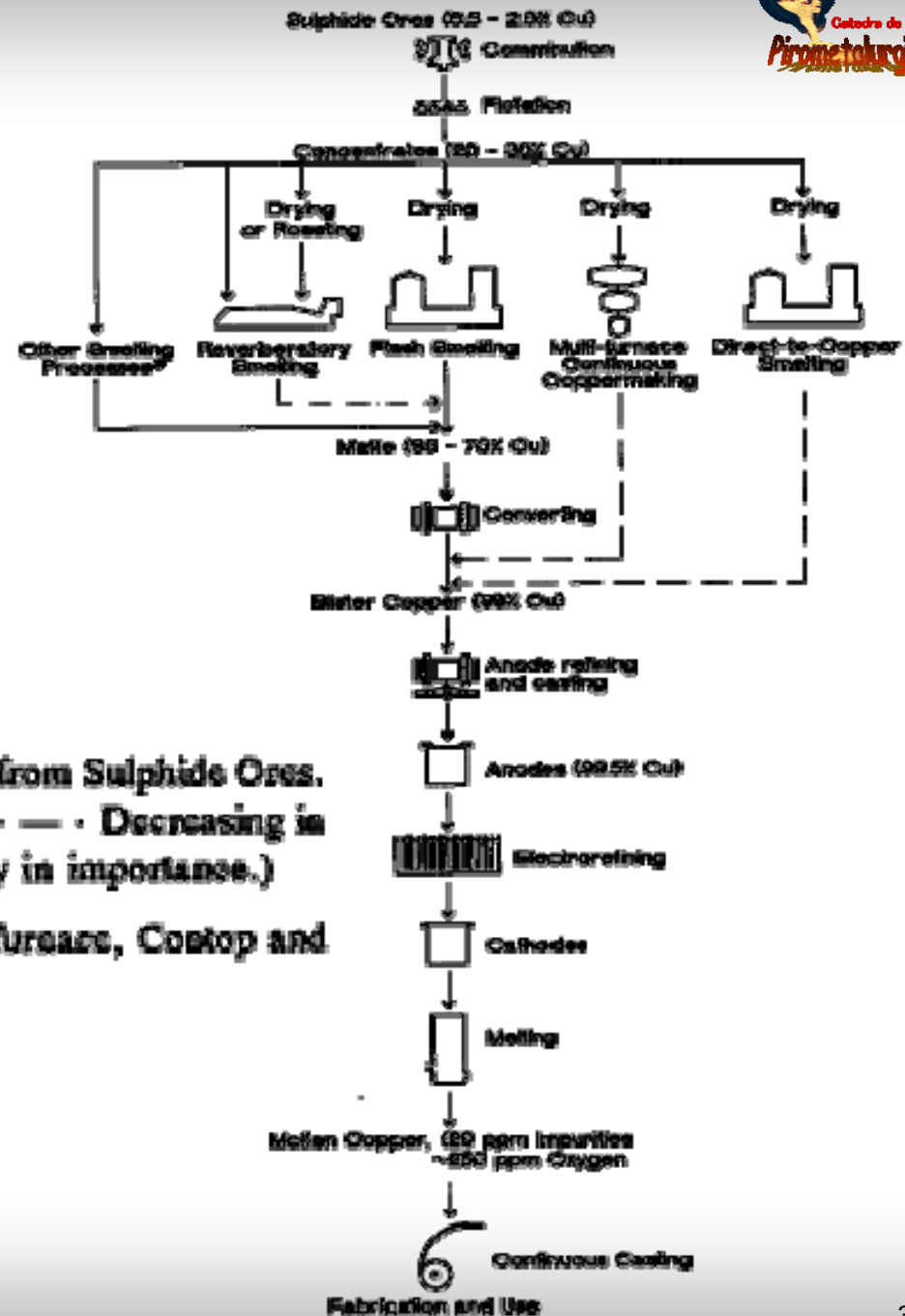


## ***PART I***

# *Producción de cobre a partir de sulfuros*



## Producción de cobre a partir de sulfuros



**FIG. 1.1. Principal Processes for Extracting Copper from Sulphide Ores. Parallel lines indicate alternative processes. (— · — · — · Decreasing in importance. — — — — Rare but growing slowly in importance.)**

**\* Principally Teniente, Noranda, Isasmelt, electric furnace, Constop and Vanyukov processes.**

# Sulfuros predominantes de cobre

|                                                                                     | Mineral      | Formula química                 | % másico de Cu |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------|----------------|
|    | Calcosita    | $Cu_2S$                         | 79.8           |
|    | Covelita     | $CuS$                           | 66.5           |
|    | Bornita      | $2Cu_2S-CuS-FeS$                | 63.6           |
|    | Enargita     | $Cu_3AsS_4$                     | 48.4           |
|   | Tetrahedrita | $Cu_3SbS_3 + x(Fe,Zn)_6Sb_2S_9$ | 32-45          |
|  | Calcopirita  | $CuFeS_2$                       | 34.5           |

# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Operación Unitaria

### Flotación de Concentrados

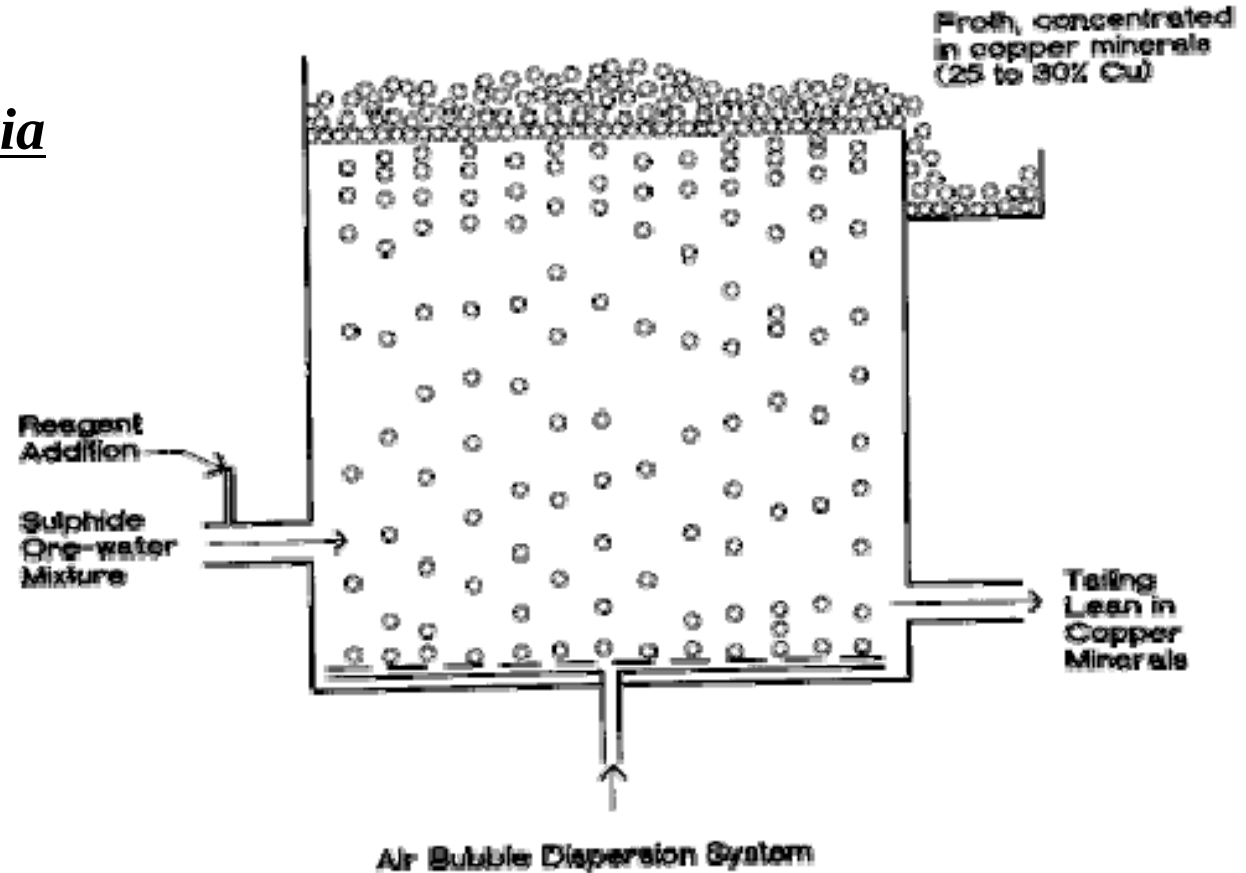
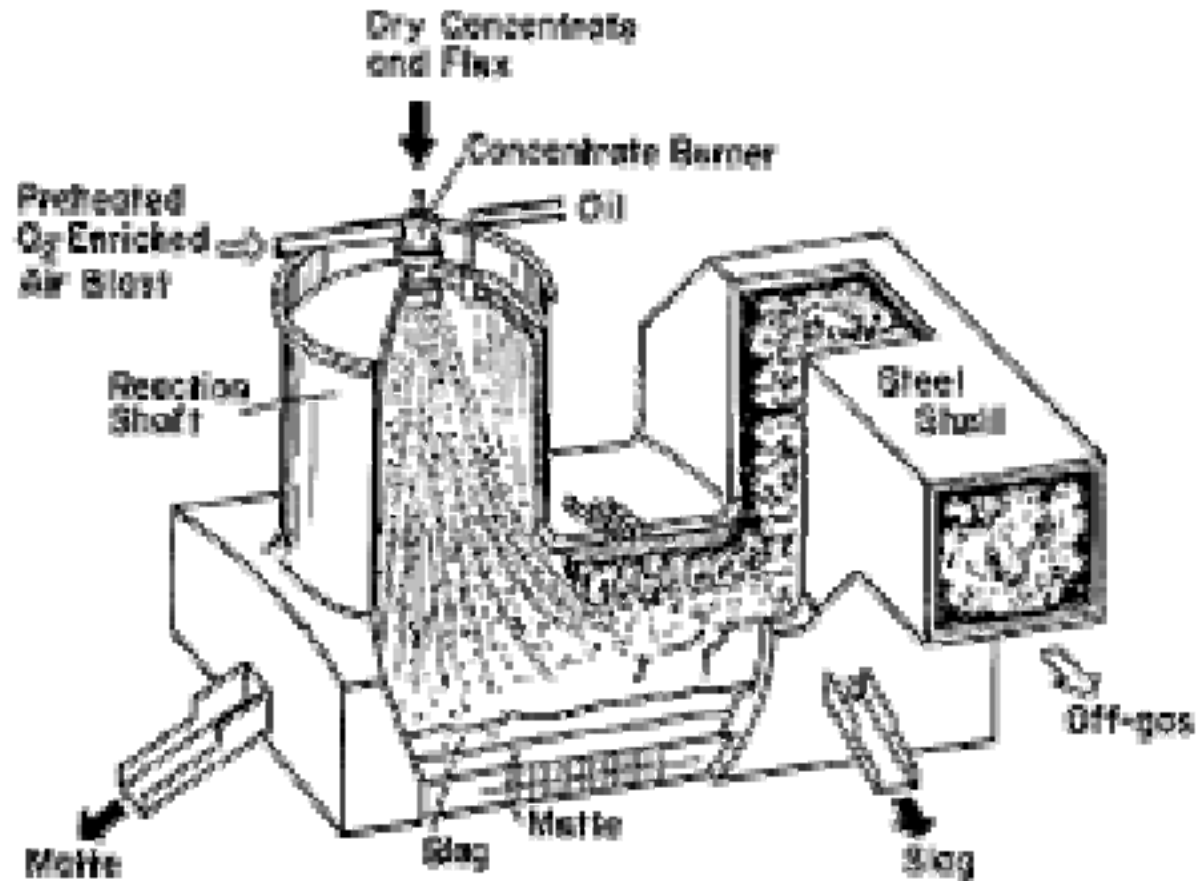


FIG. 1.3. Schematic View of Flotation Cell. Reagents cause the copper-sulphide and copper-iron-sulphide minerals in the ore to attach to rising air bubbles which are then collected as a short-lived froth. This froth is dewatered to become concentrate. The ore usually passes through several cells before being discarded as a final tailing. Many types and sizes (up to 100 m<sup>3</sup>) of cell are used, Chapter 3.

# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Operación Unitaria

### Fusión de Concentrados



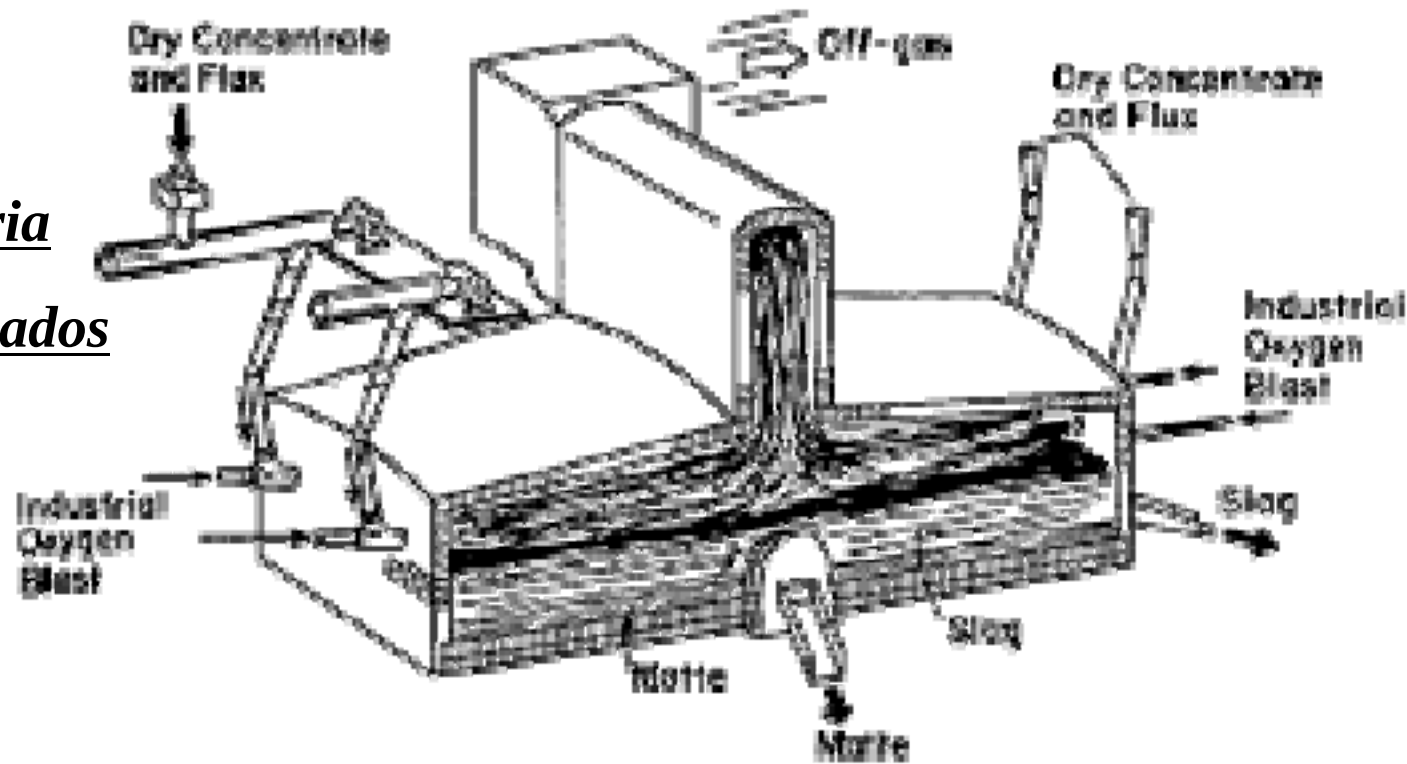
(a) Outokumpu O<sub>2</sub>-enriched air flash furnace

FIG. 1.4. Flash Furnaces. Concentrate is oxidized to form a molten copper-rich sulphide phase (matte) which is sent forward for conversion to blister copper. SO<sub>2</sub>-rich gas, suitable for sulphuric acid manufacture, and low-copper slag are byproducts. Flash furnaces are typically 20-25 m long. They smelt 1500 to 2000 tonnes of concentrate per day.

# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Operación Unitaria

### Fusión de Concentrados

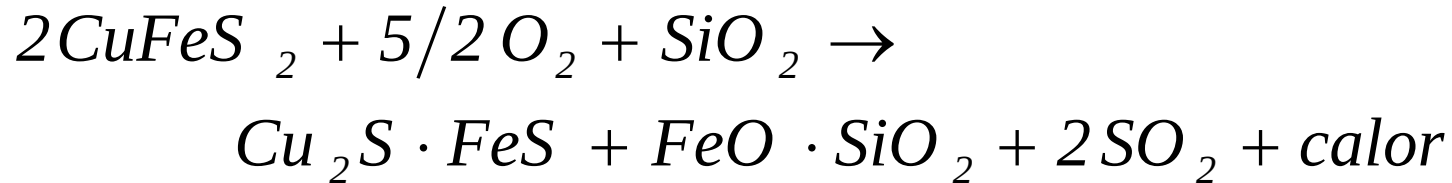


(b) Two oxygen flash furnace

FIG. 1.4. Flash Furnaces. Concentrate is oxidized to form a molten copper-rich sulphide phase (matte) which is sent forward for conversion to blister copper.  $\text{SO}_2$ -rich gas, suitable for sulphuric acid manufacture, and low-copper slag are byproducts. Flash furnaces are typically 20-25 m long. They smelt 1500 to 2000 tonnes of concentrate per day.

# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Fusión de Concentrados



## Otros Procesos

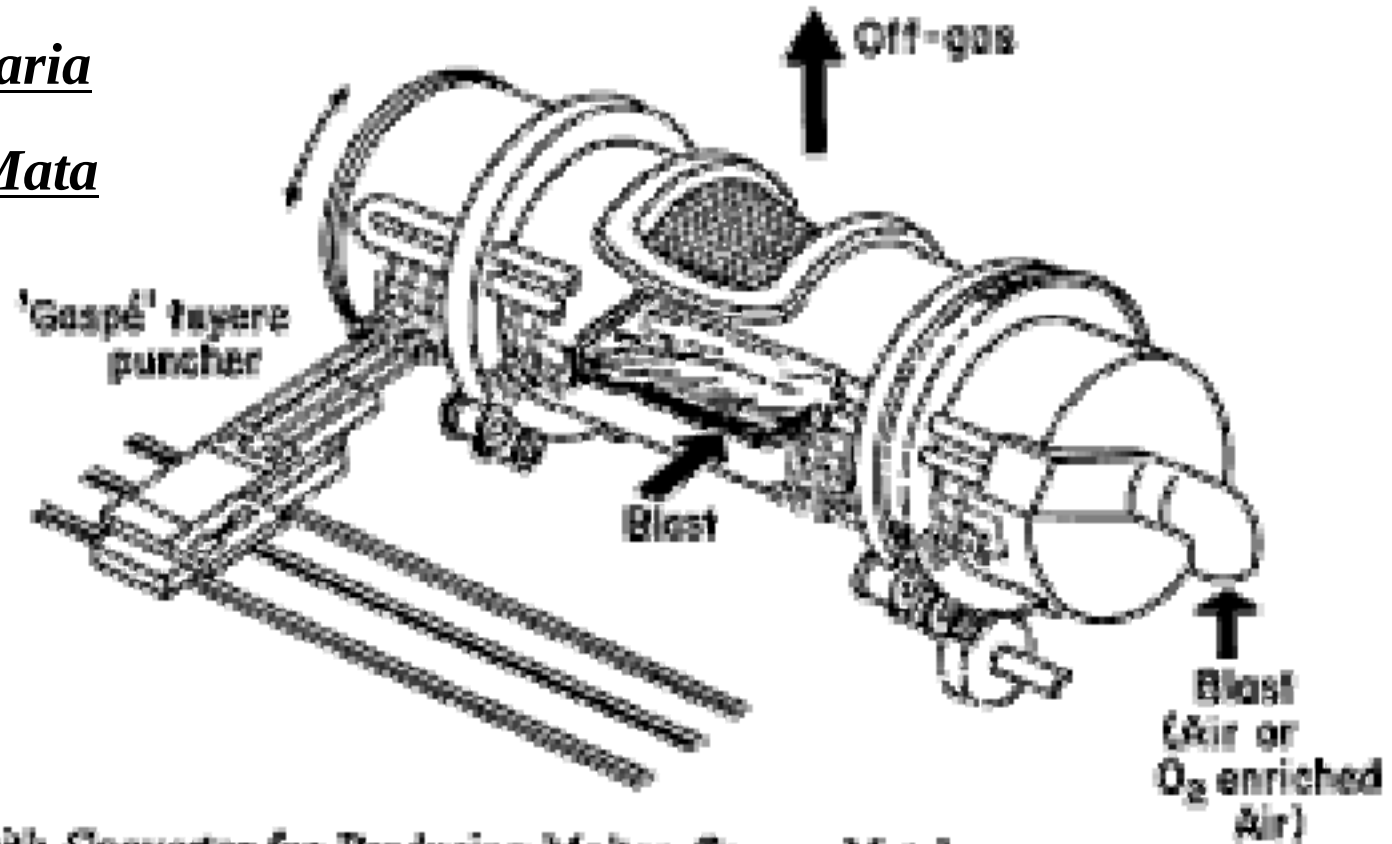
- ✓ *Procesos: Teniente, Noranda y Vanyukov los cuales inyectan aire enriquecido con oxígeno a través de toberas sumergidas para oxidar el Fe y el S.*
- ✓ *Procesos: Mitsubishi e Isasmelt los cuales inyectan aire enriquecido con oxígeno y concentrado a través de lanzas verticales al baño de fusión.*
- ✓ *Proceso Contop, el cual inyectan aire enriquecido con oxígeno y concentrado a través quemadores de ciclón al horno de fusión.*



# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Operación Unitaria

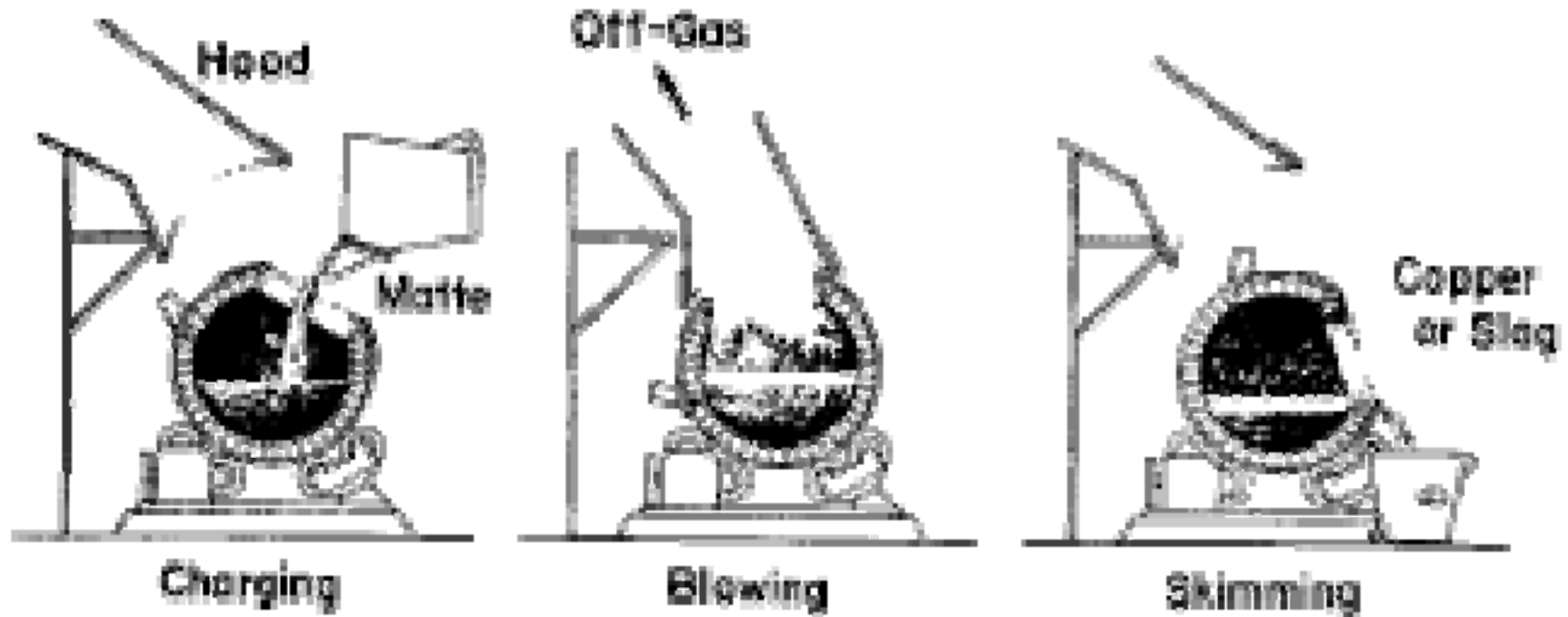
## Conversión de Mata



**FIG. 1.6a. Peirce-Smith Converter for Producing Molten Copper Metal from Molten Cu-Fe-S Matte, Typical Production Rate 100-400 Tonnes of Blister Copper per Day. Air (sometimes slightly  $O_2$ -enriched) is blown into the molten matte through submerged tuyeres. Silica flux is added to the converter through its mouth or by air gas through an endwall. The offgas is collected by means of a hood above the converter mouth. (After Baldi and Queneau, 1967; courtesy Inco Limited.)**

# *Producción de cobre a partir de sulfuros*

## Operación Unitaria    Conversión de Mata



**FIG. 1.6b. Positions of Peirce-Smith Converter for Charging, Blowing, and Skimming (Boldt and Queneau, 1967; courtesy Inco Limited).  $\text{SO}_2$ -bearing gas escapes the system unless the hooding is tight.**

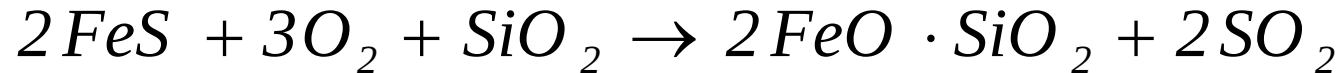


# Producción de cobre a partir de sulfuros

---

## Conversión de Mata

(a) *Etapas de eliminación de FeS a la fase escoria:*



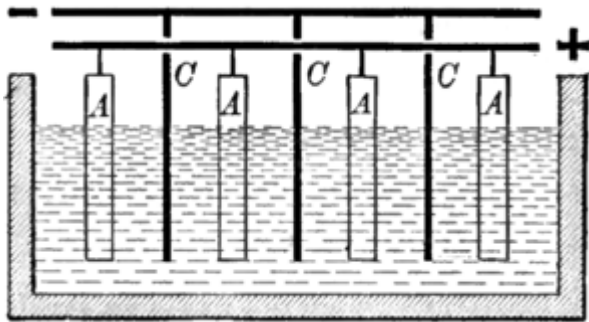
(b) *Etapas de formación del cobre Blister:*



# Producción de cobre a partir de sulfuros

## Operación Unitaria

### Electro refinado de Cobre



**FIG. 1.7. Electrolytic Refinery Showing Cathodes Being Interweaved with Anodes in an Electrorefinery Cell (Photograph Courtesy Copper Refineries Pty., Townsville, Queensland).**

# Producción de cobre a partir de sulfuros

---

## Electrorefino de cobre

- (a) *Disolución electroquímica del cobre desde los ánodos impuros en un electrolito  $\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ .*
- (b) *Electrodeposición de cobre puro sobre catodos de acero inoxidable desde el electrolito.*

*El cobre típicamente se deposita sobre los catodos en un período comprendido entre 7 y 14 días.*



## ***PART II***

### ***Producción de cobre a partir de óxidos***

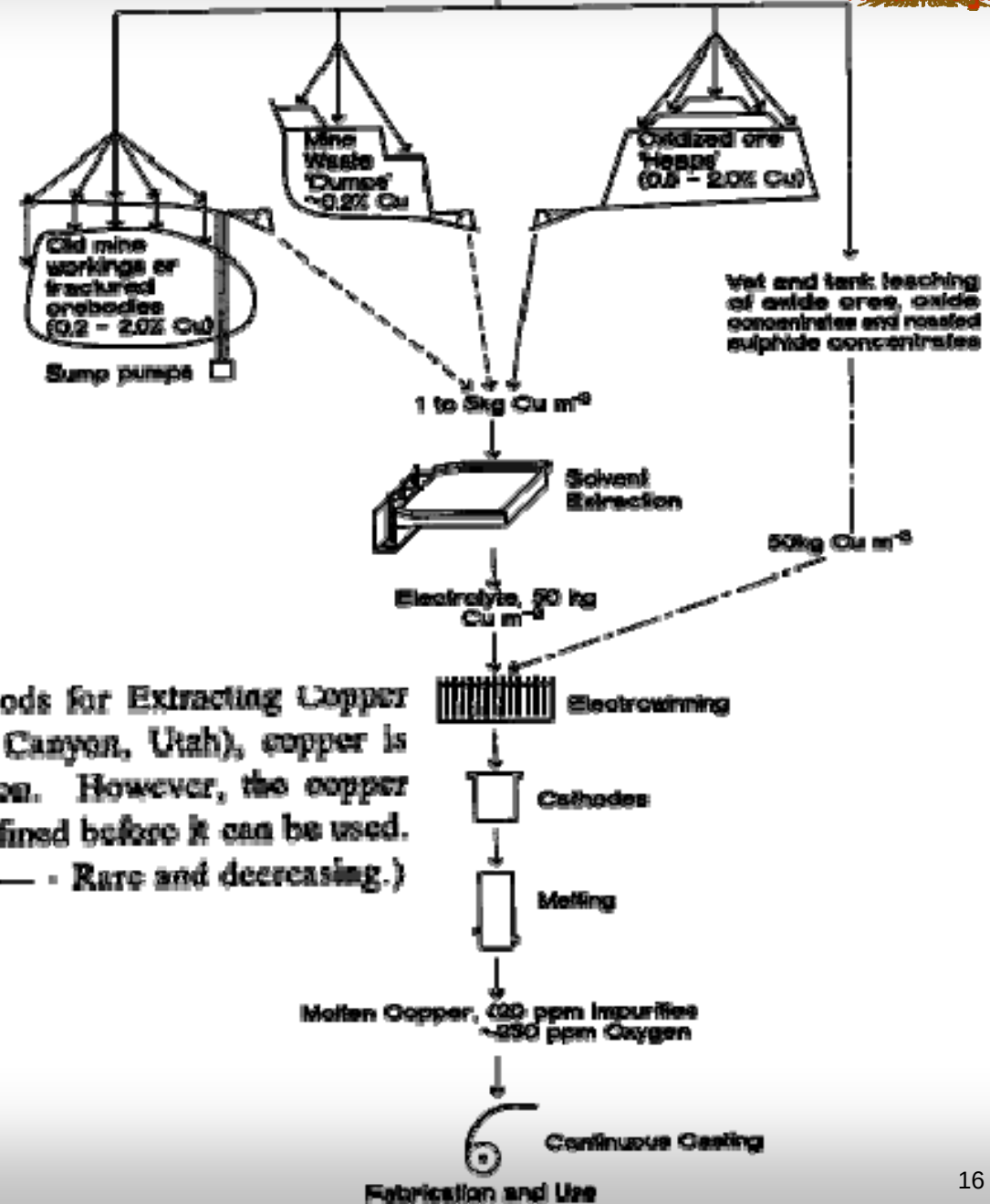
# *Oxidos, Carbonatos e Hidroxidos predominantes de cobre*

|                                                                                    | <i>Mineral</i>   | <i>Formula química</i>                        | <i>% másico de<br/>Cu</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|
|   | <i>Cuprita</i>   | $\text{Cu}_2\text{O}$                         | 88.8                      |
|   | <i>Crisocola</i> | $\text{CuO-SiO}_2\text{-}2\text{H}_2\text{O}$ | 37.9                      |
|   | <i>Malaquita</i> | $\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$               | 57.3                      |
|  | <i>Azurita</i>   | $2\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$              | 55.1                      |





## Producción de cobre a partir de óxidos







# *Producción de cobre a partir de óxidos*

---

## *Extracción Hidrometalúrgica del cobre*

- ✓ *Lixiviación de los óxidos (ROM) o desechos de cobre mediante la adición o riego de ácido sulfúrico para producir una solución acuosa de cobre (PLS).*
- ✓ *Producción de un electrolito rico en cobre desde la solución acuosa mediante extracción por solvente.*
- ✓ *Electro-obtención de cátodos puros de cobre desde el electrolito de cobre.*

## *Materiales comunmente tratados por la vía hidro.*

- ✓ *Óxidos, carbonatos, hidróxidos-silicatados y sulfatos de cobre.*
- ✓ *Sulfuros secundarios de cobre, por ejemplo calcosita.*

# Producción de cobre a partir de sulfuros

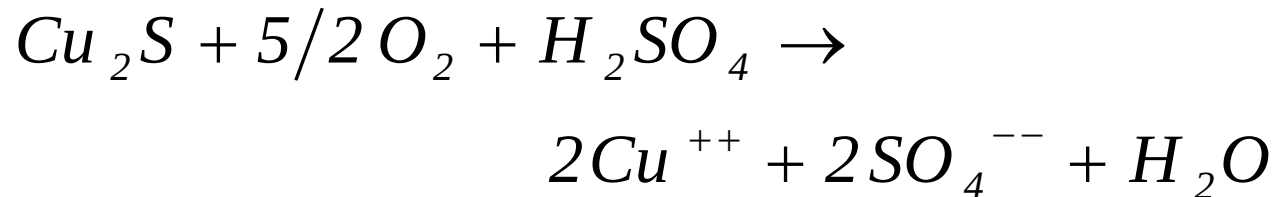
---

## Lixiviación de minerales

(a) *Disolución de óxidos con ácido sulfúrico:*



(b) *Disolución de sulfuros previa oxidación:*



# Producción de cobre a partir de óxidos



## Operación Unitaria

## Extracción por solvente

**FIG. 1.8. Schematic View of Solvent Extraction Mixer/Settler for Extracting Copper from Pregnant Leach Solution into Organic Extractant.** The Cu-loaded organic phase goes forward to another mixer/settler ("stripper") where the copper is stripped from the organic into a pure, strongly acidic, high-Cu electrolyte for electrowinning (Chapters 19 and 20). The stripped organic is then recycled.

# Producción de cobre a partir de óxidos

---

## Extracción por solvente

- ✓ Extracción del cobre desde el PLS a un extractante orgánico específico, usualmente una oxima de hydroxyphenyl disuelta en petroleo destilado (Kordosky, 1992).
- ✓ Separación de la fase orgánica desde la solución lixiviada.
- ✓ Lavado o purga (stripping) del cobre contenido en la fase orgánica en un electrolito pobre de cobre y con una fuerte concentración ácida ( $H_2SO_4 \sim 170 \text{ kg/m}^3$ )- $H_2O$ .



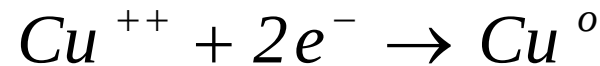


# Producción de cobre a partir de óxidos

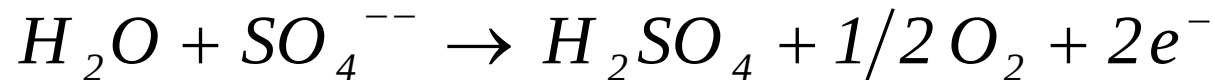
---

## Electro-obtención de cobre

(a) Electrodeposición de cobre puro sobre cátodos inertes de plomo.



*Reacción catódica*



*Reacción anódica*



## ***PART III***

### ***Producción de cobre a partir de reciclaje***

## Producción de cobre a partir de reciclaje

