



FISICO-QUIMICA METALURGICA

*Balance de Materia y Energía
Clase 06*

Prof. Dr. Leandro Voisin A.

Ecuaciones fundamentales Balances de masa y calor

Los procesos metalúrgicos en los que participan reacciones químicas son complejos y generalmente ecs. cinéticas y termodinámicas fundamentales simplificadas son utilizadas para establecer los balances de materia y energía.

Generalidades

- ✓ *Balances de flujo de masa en estado estacionario sobre un volumen de control.*
- ✓ *Balance de calor (Entalpía) en estado estacionario sobre un volumen de control.*

Balance de masa

En estado estacionario. la ec. general a considerar para establecer los balances de masa de las diferentes especies que participan en el sistema es:

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa del elem. } i \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa del elem. } i \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

Ecuaciones fundamentales Balances de masa y calor

Balance de calor

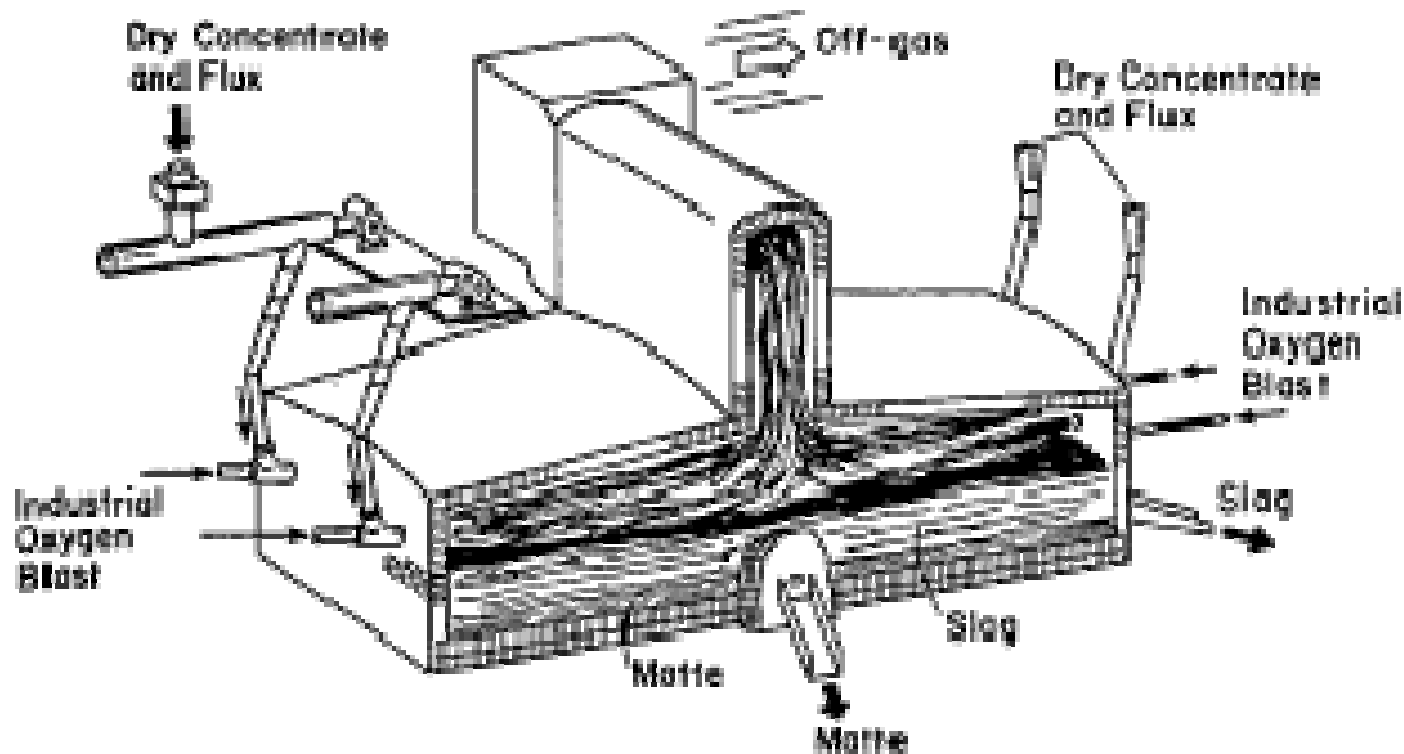
De igual forma, en estado estacionario la ec. general a considerar para establecer el balance de calor del sistema es:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Entalpía} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Entalpía} \\ \text{saliente} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Perdidas de calor} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right)$$

En términos matemáticos:

$$\left(\sum H_{\text{reactantes}} \right) = \left(\sum H_{\text{productos}} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Perdidas de calor} \\ q_{\text{cond}} + q_{\text{rad}} + q_{\text{conv}} \end{array} \right)$$

- ✓ Conducción de calor a través de las paredes del sistema y eventualmente convección y radiación de dicho calor fuera de él.
- ✓ Radiación de calor directa desde el sistema hacia el exterior.



Un concentrado calcopirítico es tratado en un horno INCO flash a 1500K. Considerando estado estacionario, determine el requerimiento puro de oxígeno por 1000 Kg. de concentrado para que el horno trabaje de manera autógena. Determine además la composición de la mata obtenida

Simplificaciones del sistema

- ✓ Concentrado calcopirítico puro (CuFeS_2).
- ✓ Agente oxidante horno INCO, oxígeno puro.
- ✓ Escoria compuesta sólo de FeO y SiO_2 en razón másica 70/30.
- ✓ El oxígeno contenido en el fundente (SiO_2) entra y sale del sistema sin considerar disociación.

Incógnitas del problema respecto al sistema ó volumen de control

- Oxígeno que entra como agente oxidante.
 - SiO_2 que entra como fundente.
 - Cu_2S que sale en la mata.
 - FeS que sale en la mata.
 - FeO que sale en la escoria.
 - SiO_2 que sale en la escoria.
 - SO_2 que sale en los gases

Balance de cobre, Cu

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de cobre} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de cobre} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%Cu_{(conc.)}}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{80\%Cu_{(Cu_2S)}}{100}$$

$$1000 \frac{34.6}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{80}{100}$$

$$346 = 0.8 \cdot masaCu_2S_{mata}$$

Balance de fierro, Fe

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de fierro} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de fierro} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%Fe_{(conc.)}}{100} = masaFeS_{mata} \frac{64\%Fe_{(FeS)}}{100} + masaFeO_{escoria} \frac{78\%Fe_{(FeO)}}{100}$$

$$1000 \frac{30.4}{100} = masaFeS_{mata} \frac{64}{100} + masaFeO_{escoria} \frac{78}{100}$$

$$304 = 0.64 \cdot masaFeS_{mata} + 0.78 \cdot masaFeO_{escoria}$$

Balance de azufre, S

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de azufre} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de azufre} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%S_{(conc.)}}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{20\%S_{(Cu_2S)}}{100} \\ + masaFeS_{mata} \frac{36\%S_{(FeS)}}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50\%S_{(SO_2)}}{100}$$

$$1000 \frac{35}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{20}{100} + masaFeS_{mata} \frac{36}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50}{100}$$

$$350 = 0.2 \cdot masaCu_2S_{mata} + 0.36 \cdot masaFeS_{mata} + 0.5 \cdot masaSO_{2gas}$$

Balance de oxígeno, O

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de oxígeno} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de oxígeno} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$masaO_{2(ag.oxidante)} = masaFeO_{escoria} \frac{22\%O_{(FeO)}}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50\%O_{(SO_2)}}{100}$$

$$masaO_{2(ag.oxidante)} = masaFeO_{escoria} \frac{22}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50}{100}$$

$$masaO_{2(ag.oxidante)} = 0.22 \cdot masaFeO_{escoria} + 0.5 \cdot masaSO_{2gas}$$

Balance de sílice, SiO_2

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de sílice} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de sílice} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$\text{masaSiO}_{2(\text{fundente})} = \text{masaSiO}_{2(\text{escoria})}$$

En el caso de la sílice tenemos sólo una ec. y 2 incógnitas, la segunda ec. se establece a partir de la composición de la escoria de acuerdo a las simplificaciones del problema.

$$\text{masaSiO}_{2(\text{escoria})} = \text{masaFeO}_{\text{escoria}} \frac{30\% \text{SiO}_2}{70\% \text{FeO}}$$

$$\text{masaSiO}_{2(\text{escoria})} = 0.43 \cdot \text{masaFeO}_{\text{escoria}}$$

Balance de entalpía, ΔH

$$\left(\sum H_{\text{reactantes}} \right) = \left(\sum H_{\text{productos}} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Perdidas de calor} \\ \times 1000 \text{ Kg de conc.} \\ q_{\text{cond}} + q_{\text{rad}} + q_{\text{conv}} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} \sum H_{\text{reactantes}} = & \text{masaCuFeS}_{2 \text{ conc.}} \left(\frac{H_{298, \text{CuFeS}_2}^{\circ}}{MW_{\text{CuFeS}_2}} \right) + \dots \\ & \dots + \text{masaO}_{2 \text{ ag.oxidante}} \left(\frac{H_{298, \text{O}_2}^{\circ}}{MW_{\text{O}_2}} \right) + \dots \\ & \dots + \text{masaSiO}_{2 \text{ fundente}} \left(\frac{H_{298, \text{SiO}_2}^{\circ}}{MW_{\text{SiO}_2}} \right) \end{aligned}$$

donde:

(H°/MW) - Entalpías de los compuestos por Kg.

(H°) - Entalpías de los compuestos por Kg-mol.

(MW) - Peso molecular, Kg/Kgmol.

Balance de entalpía, ΔH

$$\begin{aligned}
 \sum H_{\text{productos}} &= \text{masaCu}_2\text{S}_{\text{mata}} \left(\frac{H_{1500, \text{Cu}_2\text{S}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{Cu}_2\text{S}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaFeS}_{\text{mata}} \left(\frac{H_{1500, \text{FeS}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{FeS}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaFeO}_{\text{escoria}} \left(\frac{H_{1500, \text{FeO}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{FeO}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaSiO}_{2\text{escoria}} \left(\frac{H_{1500, \text{SiO}_{2(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{SiO}_{2(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaSO}_{2\text{gas}} \left(\frac{H_{1500, \text{SO}_{2(g)}}^{\circ}}{MW_{\text{SO}_{2(g)}}} \right)
 \end{aligned}$$

Balance de entalpía, ΔH

Finalmente, debemos considerar los términos de perdidas por calor para completar el balance de entalpía.

$$\frac{(q_{cond} + q_{rad} + q_{conv})_{[MJ/h]}}{alimentacion_{conc. [ton/h]}} = \frac{25000}{50} = 500_{[MJ/1000Kgconc.]}$$

$$q_{cond} + q_{rad} + q_{conv}_{[MJ/h]} \approx 25000$$

Valor referencial característico del tipo de horno y de la operación.

Balances de calor en fusión Flash

Item	MJ/Kg
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{CuFeS_2}$	-1.04
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{O_{2(g)}}$	0
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{SiO_2}$	-15.16
$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{Cu_2S_{(l)}}$	0.25
$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{FeS_{(l)}}$	0.11
$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{FeO_{(l)}}$	-2.49
$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{SiO_{2(l)}}$	-13.70
$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{SO_{2(g)}}$	-3.66
(H°/MW)	- Entalpías de los compuestos por Kg.

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

		Masa							→ X
	Término numérico	O ₂ ag.oxid	SiO ₂ fund.	Cu ₂ S mata	FeS mata	FeO esc.	SiO ₂ esc.	SO ₂ gas	
Cobre	346			0.8					
Fierro	304				0.64	0.78			
Azufre	350			0.2	0.36			0.5	
Oxigeno	0	-1				0.22		0.5	
Silica	0		-1				1		
Comp Esc.	0					-30/70	1		
Entalpía	-1540	0	15.16	0.25	0.11	-2.49	-13.7	-3.66	

B
=
 $A_{[7 \times 7]}$

$$\vec{A} \vec{x} = B \Rightarrow \vec{x} = A^{-1} B$$

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

$$\vec{A}\vec{x} = B \Rightarrow \vec{x} = A^{-1}B$$

Resultados

Componentes	masa (kg)
Oxígeno que entra como agente oxidante	222 (155Nm ³)
SiO ₂ que entra como fundente	84
Cu ₂ S que sale en la mata.	433
FeS que sale en la mata.	236
FeO que sale en la escoria.	196
SiO ₂ que sale en la escoria.	84
SO ₂ que sale en los gases	357

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

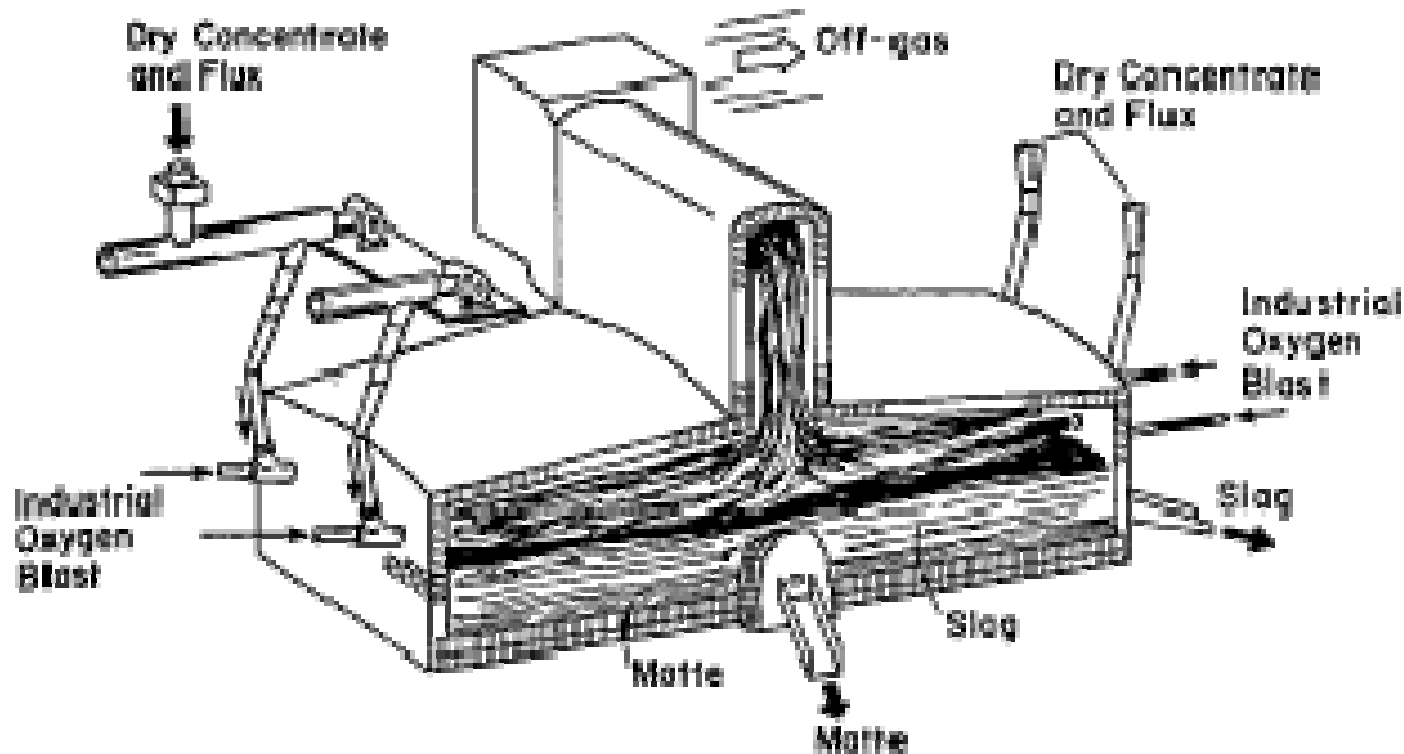
Grado de mata

$$\%Cu_{mata} = \left(\frac{masaCu_2S \frac{80\%Cu_{Cu_2S}}{100}}{masa_{mata}} \right) \cdot 100$$

$$\%Cu_{mata} = \left(\frac{433 \frac{80}{100}}{699} \right) \cdot 100 = 52\%$$

Resultados

- ✓ Se requieren 222 kg de oxígeno puro por 1000 kg de concentrado para mantener el proceso de forma autógena.
- ✓ El grado de mata o ley de mata de Cu que resulta del proceso es de 52%.



Un concentrado compuesto de 70% CuFeS_2 , 20% FeS , 5% Fe_3O_4 y 5% SiO_2 (porc. en masa), es tratado en un horno INCO flash a 1500 K. Considerando estado estacionario, determine el requerimiento puro de oxígeno por 1000 Kg. de concentrado para que el horno trabaje de manera autógena. Determine además la composición de la mata obtenida.

Simplificaciones del sistema

- ✓ Concentrado sulfurado mixto (CuFeS_2 , FeS , Fe_3O_4 y SiO_2).
- ✓ Agente oxidante horno INCO, oxígeno puro.
- ✓ Escoria compuesta sólo de FeO y SiO_2 en razón másica 70/30.
- ✓ El oxígeno contenido en el fundente (SiO_2) entra y sale del sistema sin considerar disociación.

Incógnitas del problema respecto al sistema ó volumen de control

- Oxígeno que entra como agente oxidante.
 - SiO_2 que entra como fundente.
 - Cu_2S que sale en la mata.
 - FeS que sale en la mata.
 - FeO que sale en la escoria.
 - SiO_2 que sale en la escoria.
 - SO_2 que sale en los gases

Balance de cobre, Cu

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de cobre} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de cobre} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%Cu_{(conc.)}}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{80\%Cu_{(Cu_2S)}}{100}$$

$$1000 \left(0.7 \frac{34.6}{100} \right) = masaCu_2S_{mata} \frac{80}{100}$$

$$242 = 0.8 \cdot masaCu_2S_{mata}$$

Balance de fierro, Fe

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de fierro} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de fierro} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%Fe_{(conc.)}}{100} = masaFeS_{mata} \frac{64\%Fe_{(FeS)}}{100} + masaFeO_{escoria} \frac{78\%Fe_{(FeO)}}{100}$$

$$1000 \left(0.7 \frac{30.4}{100} + 0.2 \frac{46.6}{100} + 0.05 \frac{72.4}{100} \right) \\ = masaFeS_{mata} \frac{64}{100} + masaFeO_{escoria} \frac{78}{100}$$

$$342 = 0.64 \cdot masaFeS_{mata} + 0.78 \cdot masaFeO_{escoria}$$

Balance de azufre, S

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de azufre} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de azufre} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%S_{(conc.)}}{100} = masaCu_2S_{mata} \frac{20\%S_{(Cu_2S)}}{100} \\ + masaFeS_{mata} \frac{36\%S_{(FeS)}}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50\%S_{(SO_2)}}{100}$$

$$1000 \left(0.7 \frac{35}{100} + 0.2 \frac{53.4}{100} \right) \\ = masaCu_2S_{mata} \frac{20}{100} + masaFeS_{mata} \frac{36}{100} + masaSO_{2gas} \frac{50}{100}$$

$$352 = 0.2 \cdot masaCu_2S_{mata} + 0.36 \cdot masaFeS_{mata} + 0.5 \cdot masaSO_{2gas}$$

Balance de oxígeno, O

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de oxígeno} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de oxígeno} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$1000 \frac{\%O_{2(\text{conc.})}}{100} + \text{masa}O_{2(\text{ag.oxidante})} =$$

$$\text{masa}FeO_{\text{escoria}} \frac{22\%O_{(FeO)}}{100} + \text{masa}SO_{2\text{gas}} \frac{50\%S_{(SO_2)}}{100}$$

$$1000 \left(0.05 \frac{27.6}{100} \right) + \text{masa}O_{2(\text{ag.oxidante})} =$$

$$\text{masa}FeO_{\text{escoria}} \frac{22}{100} + \text{masa}SO_{2\text{gas}} \frac{50}{100}$$

$$14 + \text{masa}O_{2(\text{ag.oxidante})} = 0.22 \cdot \text{masa}FeO_{\text{escoria}} + 0.5 \cdot \text{masa}SO_{2\text{gas}}$$

Balance de sílice, SiO_2

$$\left(\begin{array}{c} \text{masa de sílice} \\ \text{entrante} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{masa de sílice} \\ \text{saliente} \end{array} \right)$$

$$\text{masaSiO}_{2(\text{conc.})} + \text{masaSiO}_{2(\text{fundente})} = \text{masaSiO}_{2(\text{escoria})}$$

$$1000 \left(\frac{0.05}{100} \right) + \text{masaSiO}_{2(\text{fundente})} = \text{masaSiO}_{2(\text{escoria})}$$

En el caso de la sílice tenemos sólo una ec. y 2 incógnitas, la segunda ec. se establece a partir de la composición de la escoria de acuerdo a las simplificaciones del problema.

$$\text{masaSiO}_{2(\text{escoria})} = \text{masaFeO}_{\text{escoria}} \frac{30\% \text{SiO}_2}{70\% \text{FeO}}$$

$$\text{masaSiO}_{2(\text{escoria})} = 0.43 \cdot \text{masaFeO}_{\text{escoria}}$$

Balances de calor en fusión Flash

$$\left(\sum H_{\text{reactantes}} \right) = \left(\sum H_{\text{productos}} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Perdidas de calor} \\ \times 1000 \text{ Kg de conc.} \\ q_{\text{cond}} + q_{\text{rad}} + q_{\text{conv}} \end{array} \right)$$

$$\sum H_{\text{reactantes}} = \text{masaCuFeS}_{2 \text{ conc.}} \cdot \left(\frac{H_{298, \text{CuFeS}_2}^{\circ}}{MW_{\text{CuFeS}_2}} \right) + \dots$$

Balance de entalpía, ΔH

$$\dots + \text{masaFeS}_{2 \text{ conc.}} \cdot \left(\frac{H_{298, \text{FeS}_2}^{\circ}}{MW_{\text{FeS}_2}} \right) + \dots$$

$$\dots + \text{masaFe}_3\text{O}_{4 \text{ conc.}} \cdot \left(\frac{H_{298, \text{Fe}_3\text{O}_4}^{\circ}}{MW_{\text{Fe}_3\text{O}_4}} \right) + \dots$$

$$\dots + \left(\text{masaSiO}_{2 \text{ conc.}} + \text{masaSiO}_{2 \text{ fundente}} \right) \cdot \left(\frac{H_{298, \text{SiO}_2}^{\circ}}{MW_{\text{SiO}_2}} \right) + \dots$$

$$\dots + \text{masaO}_{2 \text{ ag.oxidante}} \cdot \left(\frac{H_{298, \text{O}_2}^{\circ}}{MW_{\text{O}_2}} \right) + \dots$$

Balance de entalpía, ΔH

$$\begin{aligned}
 \sum H_{\text{productos}} &= \text{masaCu}_2\text{S}_{\text{mata}} \left(\frac{H_{1500, \text{Cu}_2\text{S}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{Cu}_2\text{S}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaFeS}_{\text{mata}} \left(\frac{H_{1500, \text{FeS}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{FeS}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaFeO}_{\text{escoria}} \left(\frac{H_{1500, \text{FeO}_{(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{FeO}_{(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaSiO}_{2\text{escoria}} \left(\frac{H_{1500, \text{SiO}_{2(l)}}^{\circ}}{MW_{\text{SiO}_{2(l)}}} \right) + \dots \\
 \dots + &\quad \text{masaSO}_{2\text{gas}} \left(\frac{H_{1500, \text{SO}_{2(g)}}^{\circ}}{MW_{\text{SO}_{2(g)}}} \right)
 \end{aligned}$$

Balance de entalpía, ΔH

donde:

(H°/MW) - Entalpías de los compuestos por Kg.

(H°) - Entalpías de los compuestos por Kg-mol.

(MW) - Peso molecular, Kg/Kgmol.

Finalmente, debemos considerar los términos de perdidas por calor para completar el balance de entalpía.

$$\frac{(q_{cond} + q_{rad} + q_{conv})_{[MJ/h]}}{alimentacion_{conc. [ton/h]}} = \frac{25000}{50} = 500_{[MJ/1000Kgconc.]}$$

$$q_{cond} + q_{rad} + q_{conv}_{[MJ/h]} \approx 25000$$

Valor referencial característico del tipo de horno y de la operación.

Balances de calor en fusión Flash

Item	MJ/Kg	Item	MJ/Kg
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{CuFeS_2}$	-1.04	$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{Cu_2S_{(l)}}$	0.25
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{FeS_2}$	-1.43	$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{FeS_{(l)}}$	0.11
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{Fe_3O_4}$	-4.84	$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{FeO_{(l)}}$	-2.49
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{SiO_2}$	-15.16	$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{SiO_{2(l)}}$	-13.70
$(H_{298}^{\circ} / MW)_{O_{2(g)}}$	0	$(H_{1500}^{\circ} / MW)_{SO_{2(g)}}$	-3.66
(H°/MW)	-	Entalpías de los compuestos por Kg.	

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

		Masa							→ X
	Término numérico	O ₂ ag.oxid	SiO ₂ fund.	Cu ₂ S mata	FeS mata	FeO esc.	SiO ₂ esc.	SO ₂ gas	
Cobre	242			0.8					
Fierro	342				0.64	0.78			
Azufre	352			0.2	0.36			0.5	
Oxigeno	14	-1				0.22		0.5	
Silica	50		-1				1		
Comp Esc.	0					-30/70	1		
Entalpía	-2514	0	15.16	0.25	0.11	-2.49	-13.7	-3.66	

B
A_[7 x 7]

$$\vec{A} \vec{x} = B \Rightarrow \vec{x} = A^{-1} B$$

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

$$\vec{A}\vec{x} = B \Rightarrow \vec{x} = A^{-1}B$$

Resultados

Componentes	masa (kg)	
Oxígeno que entra como agente oxidante	232	162 Nm ³
SiO ₂ que entra como fundente	46	
Cu ₂ S que sale en la mata.	303	43 %
FeS que sale en la mata.	262	
FeO que sale en la escoria.	224	320 Kg
SiO ₂ que sale en la escoria.	96	
SO ₂ que sale en los gases	395	

Solución Matricial

Balances de masa y calor en fusión Flash

Grado de mata

$$\%Cu_{mata} = \left(\frac{masaCu_2S \frac{80\%Cu_{Cu_2S}}{100}}{masa_{mata}} \right) \cdot 100$$

$$\%Cu_{mata} = \left(\frac{303 \frac{80}{100}}{565} \right) \cdot 100 = 43\%$$

Resultados

- ✓ Se requieren 232 kg de oxígeno puro por 1000 kg de concentrado para mantener el proceso de forma autógena.
- ✓ El grado de mata o ley de mata de Cu que resulta del proceso es de 43%.

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

```
/Title  
( )  
/Subject  
(D:20110325112108-04'00')  
/ModDate  
( )  
/Keywords  
(PDFCreator Version 0.9.5)  
/Creator  
(D:20110325112108-04'00')  
/CreationDate  
(Leandro Voisin A.)  
/Author  
-mark-
```