



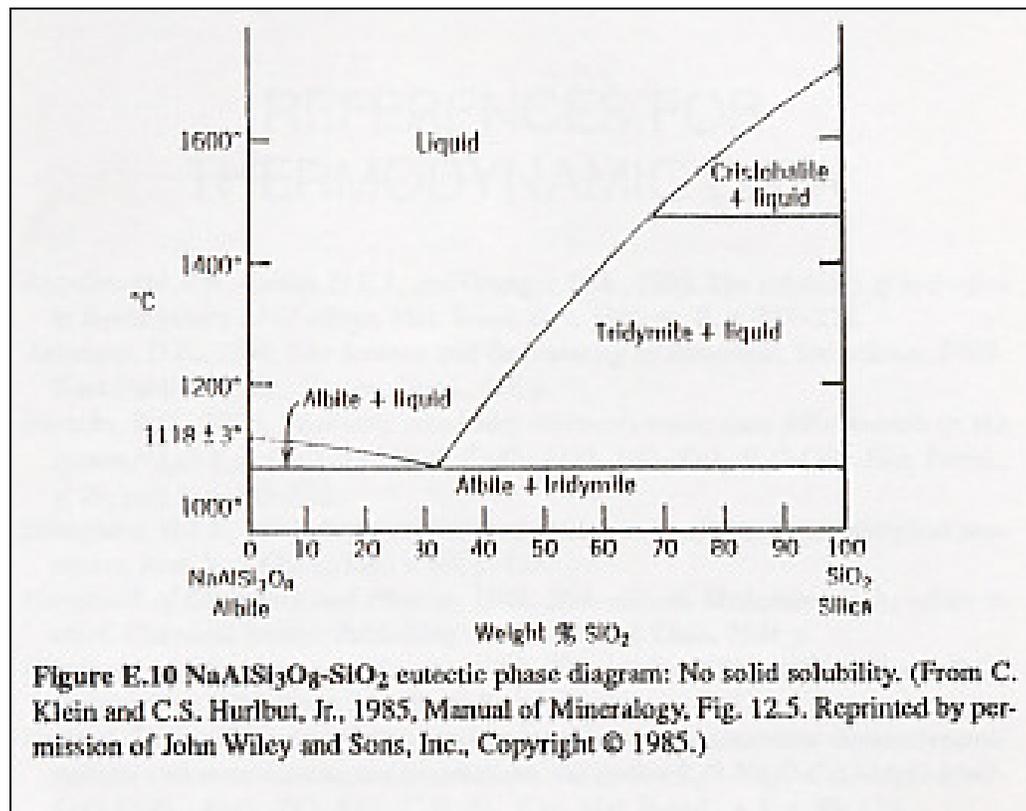
## Pirometalurgia Avanzada –MI78A Tarea 2 y 3

**Profesores:** Gabriel Riveros – Leandro Voisin

**Auxiliar:** Julio Díaz

### Diagramas de Fases (Tarea N°2)

1. Elabore una tabla indicando las reacciones invariantes típicas y dé ejemplos de estas en sistemas asociados a la pirometalurgia del cobre (incluya los diagramas si es necesario). Señale temperaturas y composición de las fases.
2. En referencia al diagrama eutéctico de fases adjunto:
  - i) Identifique los componentes que constituyen este sistema,
  - ii) ¿Es el sistema isobárico o isotermal?
  - iii) Entregue la expresión de la regla de las fases que se aplica a este diagrama
  - iv) Indique sobre el diagrama las fases que son: invariantes ( $F=0$ ), univariante ( $F=1$ ), y divariante ( $F=2$ ).
  - v) ¿cuál es la temperatura del punto eutéctico y la composición de las fases?
  - vi) ¿cuál es la temperatura del límite de fases entre tridimita y cristobalita?





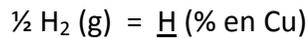




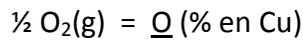
### Coefficientes de Interacción (Tarea N°3)

1. Un baño de cobre fundido después de la etapa de refinación a fuego contiene 0,1 % en peso de oxígeno e hidrógeno en equilibrio con vapor de agua a una presión de 0,1 atm y 1250°C.

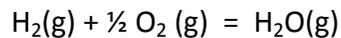
Calcule el contenido de hidrógeno mencionado y la presión parcial de hidrógeno en equilibrio con el baño.

**Datos:**

$$\Delta G^\circ = 10400 + 7,5T (\text{cal})$$



$$\Delta G^\circ = -20400 + 4,43T (\text{cal})$$



$$\Delta G^\circ = -57250 + 4,48T \log T - 2,21T (\text{cal})$$

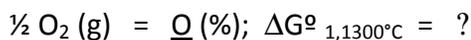
$$e_{\text{O}}^{\text{O}} = -414 * T^{-1} + 0,122$$

$$e_{\text{H}}^{\text{H}} = e_{\text{O}}^{\text{H}} = e_{\text{H}}^{\text{O}} = 0$$

2. Se ha efectuado una investigación experimental sobre el comportamiento termodinámico de azufre y de oxígeno disueltos en cobre. En las experiencias se puso en equilibrio el metal fundido con una fase gaseosa que contenía CO, CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. Se tomaron muestras de la fase fundida en equilibrio con mezclas gaseosas de composición conocida, analizando químicamente por oxígeno y azufre. Los datos obtenidos a 1300°C fueron los siguientes:

$p_{\text{CO}_2} / p_{\text{CO}}$	$p_{\text{SO}_2}$ (atm)	$\underline{\text{O}}$ (%)	$\underline{\text{S}}$ (%)
44,48	0,0208	0,0396	0,645
53,36	0,0205	0,0426	0,511
49,01	0,00480	0,0297	0,176
43,20	0,00672	0,0272	0,332
38,88	0,00831	0,0282	0,363
75,95	0,00346	0,0481	0,051
47,17	0,00389	0,0387	0,121
42,62	0,01690	0,0304	0,562

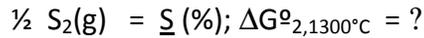
- a) De los datos entregados arriba, determine (en forma gráfica), el coeficiente de interacción del azufre sobre el oxígeno,  $e_{\text{O}}^{\text{S}}$  así como también la entalpía libre estándar de la reacción de disolución del oxígeno en el cobre:



Utilice su criterio en cuanto a considerar todos los puntos experimentales o excluir parte de los mismos.

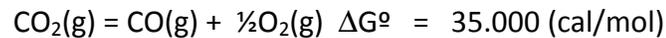


- b) Trate de efectuar los mismos cálculos en el caso del azufre, esto es, evaluar  $e_S^O$  en forma independiente del valor determinado en a) para  $e_O^S$  a la vez que determinar la energía (entalpía) libre estándar de la reacción de disolución de azufre en cobre:



Si encuentra dificultades para este cálculo (gráfico), utilice los resultados obtenidos en a) para explicar la razón de estas dificultades y para ayudar a determinar  $\Delta G^{\circ}_2$ .

**Datos adicionales, a 1300°C**

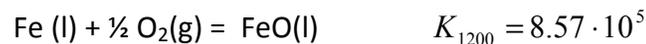


**Parámetros de interacción en cobre líquido a 1300°C:**

$$e_S^S = -0,178 \quad e_O^O = -0,122$$

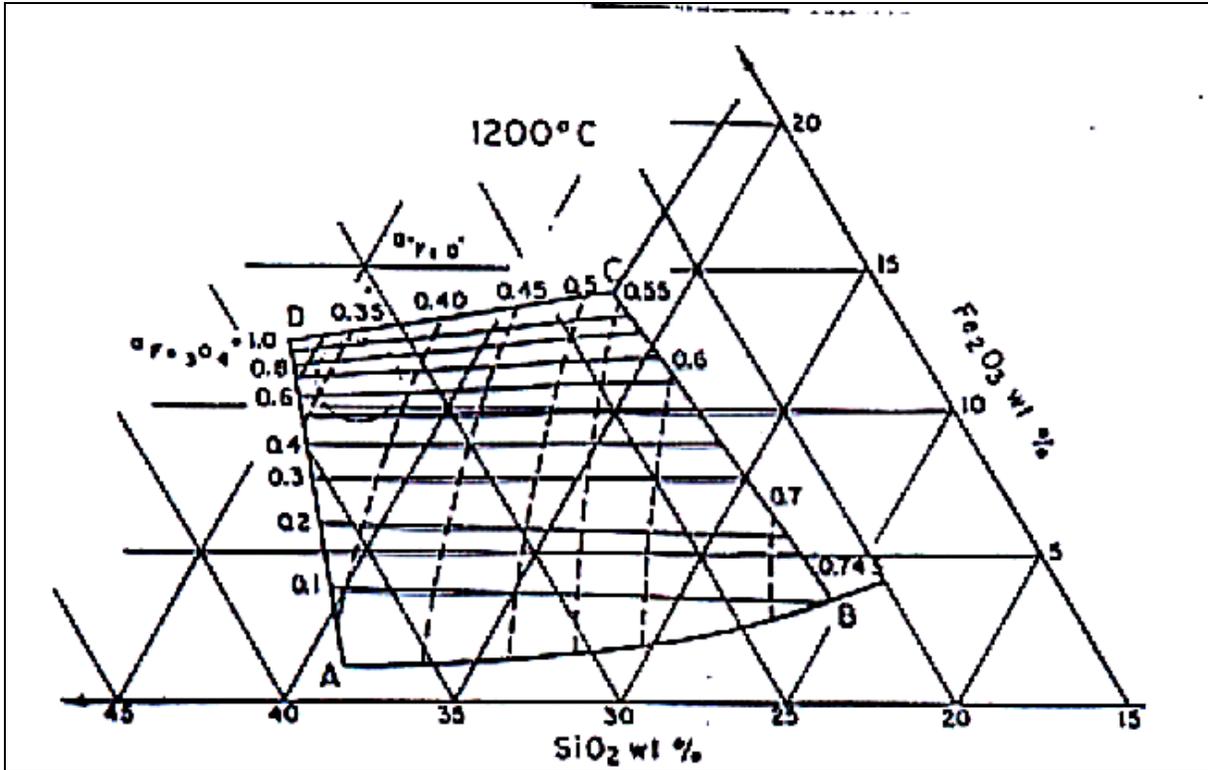
3. Un horno reverbero de refino de cobre blíster es cargado con 200 toneladas de cobre que contiene 270 ppm de hierro y 3100 ppm de oxígeno. Aire, a razón de  $64.8 \text{ Nm}^3/\text{min}$  es soplado durante 2 hrs con un rendimiento de un 60%, con el objeto de eliminar el hierro que impurifica el cobre. Con ese mismo objetivo y a fin de escorificar más fácilmente el óxido de hierro formado, una cierta cantidad de sílice es agregada al horno durante el proceso de oxidación. Toda la operación se realiza a  $1200^{\circ}C$ .
- a) Determinar la cantidad de hierro residual que se logra después de la oxidación selectiva, si la escoria formada no contiene magnetita y posee la menor actividad de FeO compatible con lo anterior. (Ver gráfico adjunto)
- b) Determinar además, la cantidad de sílice que debe ser agregada para satisfacer la condición anterior y discutir la posibilidad de que parte del hierro sea eliminado por volatilización.

**Datos:**



$$e_O^O = -0.16 \quad e_O^{Fe} = -2.78 \quad e_{Fe}^O = -0.82 \quad e_{Fe}^{Fe} = -0.029$$

$$\gamma_{Fe(enCu)}^0 = 19.5 \quad P_{Fe}^0 = 7.8 \cdot 10^{-8} \text{ atm}$$



Líneas de isoactividad del FeO y Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> en escoria fayalítica a 1200°C

HINT:

Cambio de estado estándar 
$$\Delta G_i^0 = RT \ln \left( \frac{\gamma_i^o \cdot PA_{Cu}}{100 \cdot PA_i} \right)$$

Tarea de carácter individual



**fcfm**

Ingeniería de Minas  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**Elaboración en formato digital (incluya tablas y diagramas donde corresponda)**