

# Influencia de la temperatura y volumen de aire en la tostación de concentrados de calcopirita ricos en pirita en horno monosolera "batch" con adición y sin adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ <sup>2</sup>

El informe que sigue es un extracto de las memorias de trabajo que verifican la ejecución de las líneas 2 y 3 de la Meta 3 del Subproyecto No. 2 del Proyecto Especial de Desarrollo Tecnológico en el Sector del Cobre (programa de Colombia), desarrollada en el CENTRO DE INVESTIGACION DEL COBRE de la Facultad Nal. de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Seccional Medellín, bajo el auspicio del PROYECTO ESPECIAL DE TECNOLOGIAS METALURGICAS DE LA OEA (Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico) y COLCIENCIAS.

Por  
Pedro J. Moreno<sup>1</sup>, Margarita Rosa Escobar<sup>2</sup>,  
Antonio Salinas<sup>2</sup>, Luis A. Meza<sup>3</sup> y José Vicente Rincón P.<sup>4</sup>

## RESUMEN

Con base en un concentrado de calcopirita de 21,7% Cu y 40,56% de Fe (piritas), se estudian los efectos de la temperatura y el aire en la tostación en horno monosolera batch, en presencia y ausencia de cal hidratada— $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , adicionada con el fin de evaluar su poder para retener azufre en la calcina y evitar problemas ambientales.

Se concluye que la cal hidratada es un excelente neutralizante de azufre (comparada con otros evaluados anteriormente<sup>1</sup>) y que su presencia en el sistema la convierte en el factor de mayor influencia en el proceso, por encima del aire y la temperatura. En ausencia del aditivo, la temperatura es el factor más significativo.

## INTRODUCCION

Aunque se adelantan estudios con el fin de definir técnicas que permitan la lixiviación directa de concentrados de cobre sulfurados, como la lixiviación a alta presión con oxidantes fuertes, la práctica hidrometalúrgica industrial actual opera sobre la base de una tostación previa de los concentrados con el fin de transformarlos a fases de rápida disolución en ácidos comerciales lo más diluidos posibles y a temperatura ambiente o cercana, de tal forma que los procesos de lixiviación resulten más económicos.

El CENTRO DEL COBRE ha venido evaluando, siguiendo la tendencia descrita, la tostación de concentrados de calcopirita muy ricos en piritas, en horno monosolera batch de lecho fijo, incluyendo consideraciones de efectos sobre

el ambiente, de acuerdo con tres líneas específicas\*: con retención de azufre en la calcina mediante cal viva ( $\text{CaO}$ ), con retención usando cal hidratada— $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , y sin la introducción de aditivos retenedores. Bajo las tres líneas se han estudiado los efectos de la temperatura y el volumen de aire, en razón de que una detenida revisión y análisis de las experiencias y bibliografía existente permitió considerar tales factores como los de máxima influencia en el proceso y a su vez fijar criterios de operación para los otros parámetros como tiempo, granulometría del concentrado, etc.

No se conocen experiencias industriales que incluyan la retención del azufre en la calcina, en la forma de sulfato de calcio, mediante la introducción de aditivos al concentrado. Los estudios aún están en la fase de laboratorio y planta piloto. Sin embargo dadas las restricciones ambientales cada vez más estrictas y bajo condiciones específicas que no hagan rentable la fabricación de ácido sulfúrico, estas nuevas tecnologías se hacen interesantes a pesar de los efectos en cuanto a la reducción de la capacidad efectiva de los reactores en que se incurre.

Es importante anotar que los trabajos efectuados no tienen objetivo diferente al de determinar los efectos de algunos parámetros sobre el proceso y de ninguna manera pretenden definir puntos óptimos de operación que sólo podrán fijarse con base en estudios de planta piloto.

En la edición No. 100 de DYNA se publicaron los resultados alcanzados en la primera línea. Se incluyen en esta edición aquellos logrados con adición de cal hidratada y sin la introducción de retenedores de azufre.

## MATERIALES Y EQUIPOS

Se utilizó un concentrado de calcopirita cuyo análisis en

<sup>1</sup> Ing. de Minas y Metalurgia

<sup>2</sup> Ing. de Minas y Metalurgia, Inv. Asociado al CENTRO DEL COBRE. Fac. Nal. de Minas

<sup>3</sup> Ing. de Minas y Metalurgia, M.Sc., Inv. CENTRO DEL COBRE, Fac. Nal. de Minas.

<sup>4</sup> Ing. de Minas y Metalurgia, Director CENTRO DEL COBRE, Fac. Nal. de Minas.

\* Aquellas que incluyen aditivos para retener azufre se denominarán en este trabajo: tostación no convencional; y las que no incluyen retenedores: tostación convencional.



porcentaje por peso es el siguiente: Cu 21,7; Fe 46,56; S 28,57; insolubles 2,67.

El análisis petrográfico mostró fundamentalmente calcopirita y pirita con cantidades menores de sílice y covelina. El 80% del concentrado presentaba una granulometría inferior a la malla 200.

Como aditivo empleado en la tostación no convencional se utilizó cal hidratada cuyo análisis químico en porcentaje por peso es: CaO 94,5; MgO 1,92; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,05; insolubles 0,45.

### Equipos

Un horno monosolera batch de 450 mm de tipo Herreshoff (Ver Figura 1), que consiste esencialmente de un lecho fijo y un brazo mecánico para la agitación del material, animado con una velocidad de 2,5 r.p.m. El calentamiento se efectúa por medio de la combustión de gas propano y aire, cuyos flujos se controlan mediante rotámetros en pulgadas columna de agua.

## METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### Tostación Convencional

Se estableció un modelo central rotacional compuesto\* para dos variables de segundo orden.

Las variables son: X<sub>1</sub> = temperatura  
X<sub>2</sub> = presión de aire

Para hallar el valor de los niveles para las dos variables se utilizó la ecuación.

$$X = \frac{V - a}{b} \quad (1)$$

Donde:

X = nivel

\* Detalles del modelo y de su técnica de análisis pueden consultarse en el Anexo al final de esta edición.

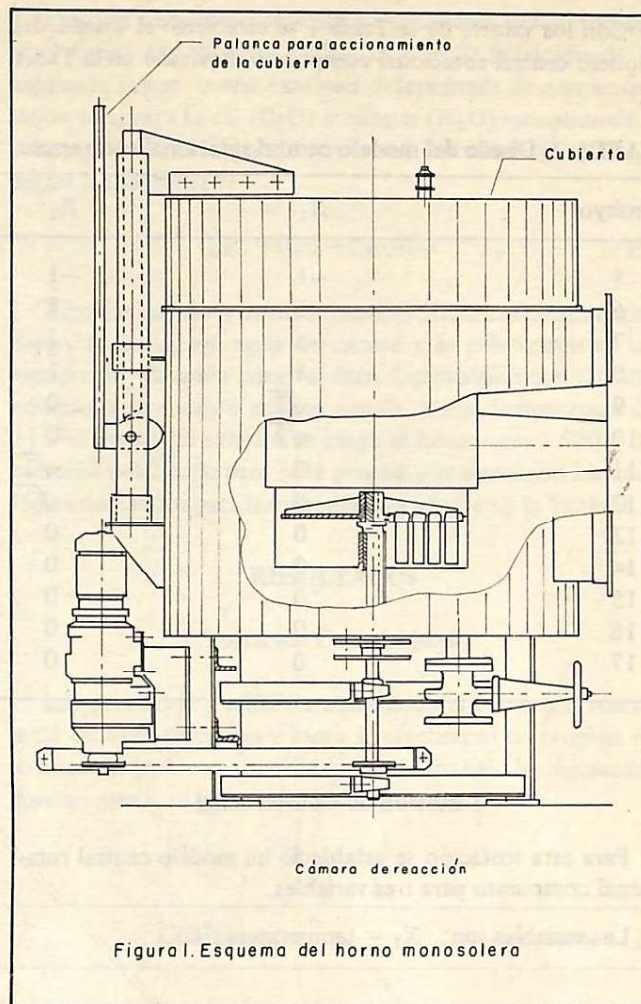


Figura 1. Esquema del horno monosolera

V = variable

a = valor de la variable en el nivel 0

b = intervalo de cambio

Se determinó por cada una de las variables un valor para el nivel 0 tomado de ensayos anteriores<sup>1</sup>. Así, para la temperatura 500°C y para la presión de aire 4,5 pulgadas de columna de agua. Luego se fijó un límite superior y otro inferior en cada una de las variables, determinándose el intervalo de cambio (b). Con esto se encuentran cada uno de los valores correspondientes a cada nivel para las dos variables. En la Tabla 1 se muestran dichos valores.

TABLA 1. Valores de los niveles en el modelo central rotacional compuesto

Variables	Niveles				
	$-\sqrt{2}$	-1	0	1	$\sqrt{2}$
X <sub>1</sub>	400	430	500	5,71	600
X <sub>2</sub>	3,5	3,8	4,5	5,2	5,5



Con los valores de la Tabla 1 se estableció el diseño del modelo central rotacional compuesto mostrado en la Tabla 2.

$X_2$  = presión de aire, pulgadas de columna de agua.

$X_3$  = CaO, g

**TABLA 2. Diseño del modelo central rotacional compuesto**

Ensayo	$X_1$	$X_2$	Temperatura	Presión de aire
5	-1	-1	430	3,8
6	1	-1	571	3,8
7	-1	1	430	5,2
8	1	1	571	5,2
9	$-\sqrt{2}$	0	400	4,5
10	$\sqrt{2}$	0	600	4,5
11	0	$-\sqrt{2}$	500	3,5
12	0	$\sqrt{2}$	500	5,5
13	0	0	500	4,5
14	0	0	500	4,5
15	0	0	500	4,5
16	0	0	500	4,5
17	0	0	500	4,5

#### Tostación no Convencional

Para esta tostación se estableció un modelo central rotacional compuesto para tres variables.

Las variables son:  $X_1$  = temperatura, °C

Para hallar los valores de las variables en cada nivel se procedió como en el caso anterior utilizando la ecuación (1), de acuerdo a estos valores se diseñó el modelo central rotacional compuesto para tres variables mostrado en la Tabla 3.

**TABLA 3. Diseño del modelo central rotacional compuesto para tres variables**

Ensayo	$X_1$	$X_2$	$X_3$	T	A	CaO
22	-1	-1	-1	470	4,41	432,60
23	1	-1	-1	530	4,41	432,60
24	-1	1	-1	470	5,59	432,60
25	1	1	-1	530	5,59	432,60
26	-1	-1	1	470	4,41	513,25
27	1	-1	1	530	4,41	513,25
28	-1	1	1	470	5,59	513,25
29	1	1	1	530	5,59	513,25
30	-1,682	0	0	450	5,00	472,95
31	1,682	0	0	550	5,00	472,95
32	0	-1,682	0	500	4,00	472,95
33	0	1,682	0	500	6,00	472,95
34	0	0	-1,682	500	5,00	405,15
35	0	0	1,682	500	5,00	540,75
36	0	0	0	500	5,00	472,95
37	0	0	0	500	5,00	472,95
38	0	0	0	500	5,00	472,95
39	0	0	0	500	5,00	472,95
40	0	0	0	500	5,00	472,95
41	0	0	0	500	5,00	472,95



Las ecuaciones que relacionan las variables estudiadas tienen la siguiente forma (modelos propuestos):

Para dos variables (Tostación Convencional)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + E \quad (2)$$

Para tres variables (Tostación no Convencional)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + E \quad (3)$$

donde Y es la respuesta a evaluar y E es el error experimental.

## ENSAYOS

### Tostación Convencional

Previamente a la ejecución de los ensayos de esta línea se planteó la necesidad de optimizar el tiempo de residencia del material en el horno, se hicieron 4 ensayos con presión de aire 3.8 pulgadas de columna de agua y temperatura de 500°C, tomadas con base en el trabajo de Pérez y Zapata<sup>1</sup>, y como única variable el tiempo de residencia del material en el horno.

Los resultados de estos ensayos se dan en la Tabla 4.

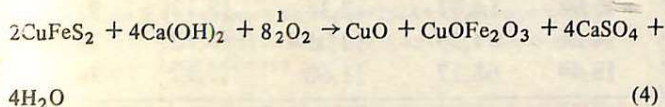
TABLA 4. Resultados de las tostaciones preliminares

Ensayo	Tiempo (h)	Cobre total	Cobre lixiviado	Extracción (%)
1	1	20,01	11,03	55,11
2	2	18,26	16,65	91,18
3	3	20,15	19,52	96,87
4	4	19,59	16,68	85,16

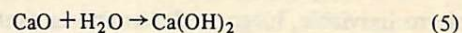
De esta Tabla se puede deducir, que el tiempo óptimo de residencia del material en el horno es de 2 1/2 horas para 3 kg de concentrado de calcopirita, considerando como variables la presión de aire, controlada por medio de la columna de agua, y la temperatura, controlada por medio de la termocupla, dentro de los rangos establecidos en la Tabla 2.

### Tostación no Convencional

Para las pruebas de tostación no convencional se determinó la cantidad de estequiométrica de azufre (S) en el concentrado de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) que reacciona con la cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) para formar sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) de acuerdo a la reacción (4).



Para las tostaciones se utilizó un material peletizado cuyo tamaño estaba entre malla -3 y +20 fabricado de la siguiente forma: a una cantidad determinada de concentrado se le agrega la cal ( $\text{CaO}$ ) y el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) estequiométricamente calculada para formar cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) según la reacción (5).



El concentrado y la cal se homogenizaron manualmente, luego se les agregó agua en exceso y se peletizaron en un equipo de vibración para tamizar. Los nódulos con tamaño adecuado se secaron en una estufa, a una temperatura de 110°C, luego de secados se cargó el horno con 1.500 g de material peletizado para cada prueba y se ejercieron los controles necesarios para las variables de acuerdo a la Tabla 3.

## RESULTADOS

### Tostación Convencional

Las pruebas se evaluaron analizando el cobre y el hierro total en cada tostación y luego se efectuaron las pruebas de lixiviación para cada uno de los tostados bajo las siguientes condiciones.

- Relación sólido: Líquido 10:1
- Agente lixiviante:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 10%
- Agitación mecánica: 180 rpm
- Tiempo de lixiviación: 90 minutos
- Temperatura promedio: 67°C

Una comparación entre el cobre y el hierro total de los tostados y los contenidos de cobre y hierro de las soluciones permite determinar los porcentajes de extracción.

### Tostación no Convencional

Puesto que la reacción (2) es altamente exotérmica, el  $\text{CuO}$  y el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se combinan en alguna extensión para formar ferrita cúprica ( $\text{CuOFe}_2\text{O}_3$ ). Este compuesto es insoluble en ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) diluido, pero disuelve fácilmente en ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), por lo tanto las lixivitaciones se llevaron a cabo en las siguientes condiciones:



- Porcentaje de sólidos: 40%
- Agente lixiviante: HCl al 20%
- Agitación mecánica: 700 rpm
- Tiempo de lixiviación: 30 min.
- Temperatura promedio: 95°C

concentrado de calcopirita, obteniéndose el porcentaje de retención de azufre. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 6.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### Tostación Convencional

Con los datos obtenidos en la Tabla 5 se llevó a cabo un análisis estadístico para correlacionar las variables que intervienen en el proceso. El análisis de las variancias mues-

**TABLA 5. Análisis de porcentaje de extracción de cobre y de hierro en la tostación convencional**

Ensayo	Cobre Tostados	Cobre Lixiviado	Extracción de Cobre %	Hierro Tostados	Hierro Lixiviado	Extracción de Hierro %
5	21,44	19,82	92,46	36,37	12,87	35,40
6	17,47	17,22	98,57	35,74	11,66	32,63
7	23,43	20,94	89,36	37,31	16,70	44,75
8	20,02	19,89	99,35	33,35	15,81	47,39
9	22,16	18,62	84,01	38,76	13,93	35,94
10	20,97	18,90	90,13	34,92	17,82	51,02
11	22,24	19,06	85,71	38,20	15,12	39,58
12	21,13	20,68	97,87	36,30	15,96	43,97
13	23,38	20,87	89,28	42,33	13,40	31,67
14	22,65	21,26	93,87	38,20	13,07	34,21
15	22,08	22,02	99,72	33,06	15,58	47,12
16	22,56	20,86	92,45	35,74	13,77	38,52
17	23,67	20,98	88,65	37,75	14,69	38,91

**TABLA 6. Análisis de extracción de cobre y de hierro, y retención de azufre en la tostación no convencional**

Ensayo	Cobre Lixiviado	Cobre Residuo	Cobre Total	Extracción del Cobre %	Hierro Lixiviado	Hierro Residuo	Hierro Total	Extracción del Hierro %	Azufre en el Concent.	Azufre en el Tostado	Retención de Azufre %
22	5,07	0,31	5,38	94,28	12,45	5,23	17,68	70,42	12,13	15,83	76,63
23	7,82	0,37	8,19	95,46	8,71	10,79	19,50	44,47	13,03	15,83	82,32
24	6,15	0,33	6,48	94,92	6,31	6,38	12,69	49,72	11,48	15,83	72,52
25	10,12	0,18	10,30	98,29	9,35	9,35	18,70	50,00	12,46	15,83	78,71
26	8,27	0,17	8,44	98,02	8,09	8,58	16,68	48,50	10,26	14,42	71,15
27	7,12	0,26	7,38	96,47	9,30	8,39	17,69	52,57	11,88	14,42	82,39
28	7,61	0,11	7,72	98,51	9,44	7,86	17,30	54,57	13,65	14,42	94,67
29	9,00	0,21	9,21	97,68	9,02	8,82	17,84	50,56	12,22	14,42	84,75
30	5,85	0,14	5,99	97,63	13,40	2,91	16,31	82,16	12,07	15,12	79,83
31	9,20	0,12	9,32	98,68	10,05	6,53	16,58	60,62	12,30	15,12	81,86
32	10,56	0,13	10,69	98,76	13,28	4,64	17,92	74,11	11,03	15,12	72,96
33	10,01	0,16	10,17	98,39	13,74	4,04	17,78	77,28	11,46	15,12	75,80
34	9,03	0,25	9,28	97,30	10,78	6,84	17,62	61,18	10,84	16,32	66,42
35	8,42	0,32	8,74	96,38	7,15	9,20	16,35	43,73	11,13	13,95	79,80
36	10,61	0,10	10,71	99,06	11,73	7,65	19,38	60,53	12,32	15,12	81,49
37	10,25	0,22	10,47	97,87	14,63	2,99	17,62	83,03	12,08	15,12	79,90
38	9,82	0,13	9,95	98,69	12,06	2,50	14,56	82,83	12,43	15,12	82,22
39	9,82	0,16	9,98	98,41	8,10	6,88	15,98	54,07	12,34	15,12	81,62
40	10,33	0,11	10,44	98,94	11,95	2,11	14,06	84,99	12,05	15,12	79,70
41	10,34	0,27	10,61	97,48	12,57	5,87	18,44	68,17	11,60	15,12	76,73



tra que los resultados experimentales se ajustan al modelo propuesto.

La ecuación (6) representa el proceso en la extracción de cobre.

$$\hat{Y} = 92.66 + 3.09X_1 + 1.86X_2 - 1.39X_1^2 + 0.97X_2^2 + 0.97X_1X_2$$

(6)

La ecuación (7) representa el proceso en la extracción de hierro.

$$\hat{Y} = 38.05 + 2.65X_1 + 3.79X_2 + 2.08X_1^2 + 1.23X_2^2 + 1.35X_1X_2$$

(7)

Con las ecuaciones (6) y (7) se construyeron los isogramas de superficies de respuestas para extracción de cobre y de hierro en la tostación convencional que se muestra en la Figura 2.

Analizando los isogramas de la Figura 2 para extracción de cobre, los mejores resultados se obtienen en los siguientes rangos:

$$500^\circ\text{C} \leq \text{temperatura} \leq 575$$

$$5 \leq \text{presión de aire} \leq 6$$

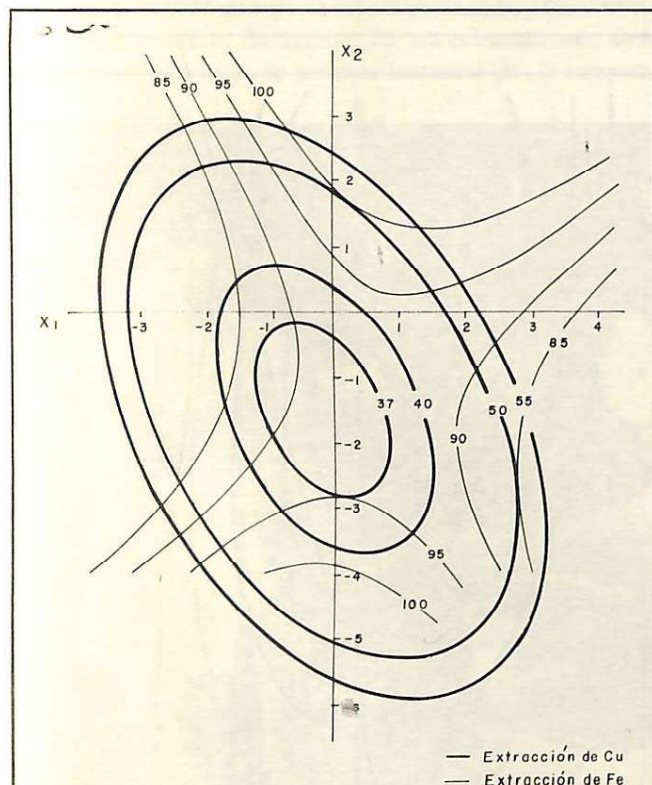


Figura 2. Isogramas de superficies de respuestas para extracción de cobre y extracción de hierro en porcentaje

En este rango se obtiene una extracción de cobre entre 95 y 99% y de hierro entre 38 y 43%.

Las variables más importantes en el proceso son la temperatura y luego la presión de aire.

### Tostación no Convencional

Con los datos obtenidos en la Tabla 6 se llevó a cabo un análisis estadístico para correlacionar las variables que intervienen en el proceso. El análisis de las variancias muestra que los resultados experimentales se ajustan al modelo propuesto.

La ecuación (8) representa el proceso en la extracción de cobre.

$$\hat{Y} = 98.33 + 0.29X_1 + 0.33X_2 + 0.45X_3 - 0.28X_1^2 - 0.13X_2^2 - 0.76X_3^2 + 0.36X_1X_2 - 0.87X_1X_3 - 0.22X_2X_3$$

(8)

La variable más importante en la extracción de cobre es la cantidad de cal agregada, siguiendo luego el aire y por último la temperatura; el término más importante es el cuadrado de la cantidad de cal agregada y luego la interacción entre el aire y la cal.

La ecuación (9) representa el proceso en la extracción de hierro.

$$\hat{Y} = 72.64 - 4.53X_1 - 0.42X_2 - 2.76X_3 - 3.16X_1^2 - 1.64X_2^2 - 9.85X_3^2 + 2.27X_1X_2 + 3.22X_1X_3 + 2.40X_2X_3$$

(9)

La variable más importante en la extracción de hierro es la temperatura, teniendo poca importancia la cantidad de aire; el término más importante de la regresión es el cuadrado de la cantidad de cal agregada.

La ecuación (10) representa el proceso en la retención de azufre.

$$\hat{Y} = 79.72 + 1.15X_1 + 1.68X_2 + 3.31X_3 - 2.11X_1^2 - 4.31X_2^2 - 4.76X_3^2 - 2.58X_1X_2 - 1.32X_1X_3 + 4.20X_2X_3$$

(10)

La variable más importante en la retención de azufre es la cantidad de cal agregada, luego el aire y después la temperatura; el término más importante de la regresión es el cuadrado de la cantidad de cal agregada, luego están la interacción entre la cantidad de cal y la interacción entre la cantidad de cal y el aire y la interacción entre la temperatura y el aire.

Con las ecuaciones 8, 9 y 10 se construyeron los isogramas de superficies de respuestas para extracción de cobre y de hierro y para retención de azufre en el tostado; puesto



que se consideran 3 variables y se van a representar en un plano, la variable menos importante en el proceso (temperatura) se deja constante en los valores extremos y en el punto central. Estos isogramas se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

Analizando la Figura 3, los mejores resultados se obtienen en los siguientes rangos:

$$\begin{aligned} 454 &\leq \text{temperatura} \leq 479^{\circ}\text{C} \\ 5 &\leq \text{presión de aire} \leq 5,42 \\ 472,95 &\leq \text{cal} \leq 513,25 \end{aligned}$$

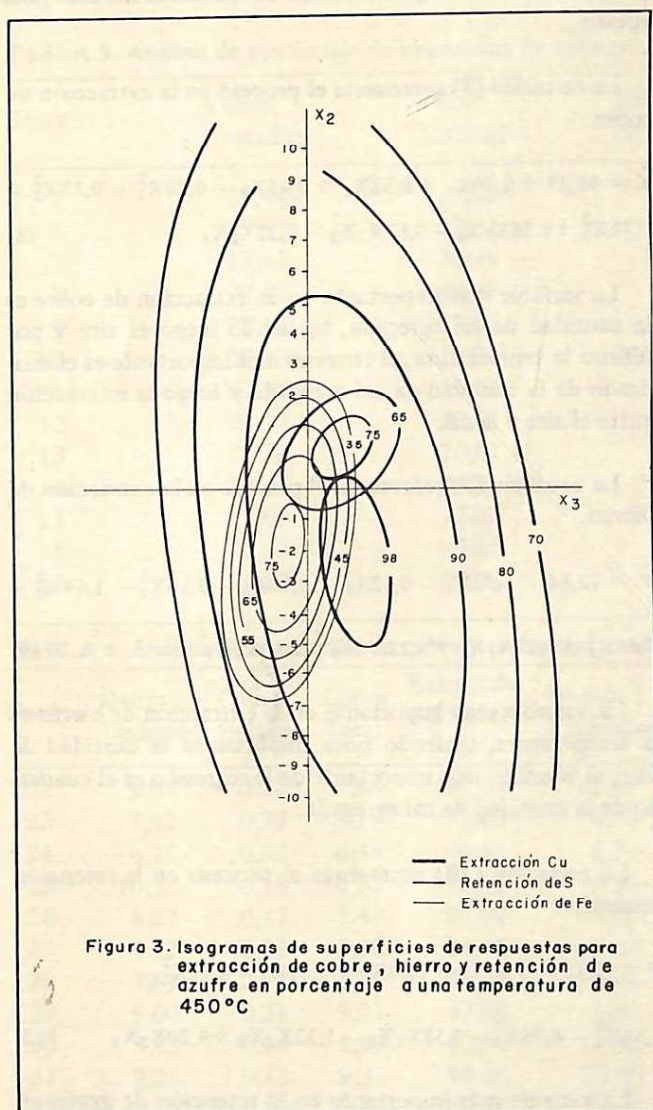


Figura 3. Isogramas de superficies de respuestas para extracción de cobre, hierro y retención de azufre en porcentaje a una temperatura de 450°C

En estos rangos se logran extracciones de cobre del 98%, de hierro entre 35-55% y retención de azufre entre 70 y 80%. Analizando la Figura 4, los mejores resultados se obtienen en los siguientes rangos:

$$\begin{aligned} 485 &\leq \text{temperatura} \leq 515^{\circ}\text{C} \\ 4,88 &\leq \text{presión de aire} \leq 5,59 \\ 472,95 &\leq \text{cal} \leq 521,31 \end{aligned}$$

En estos rangos se logran extracciones de cobre del 98%, de hierro entre 55-65% y retención de azufre del 80%.

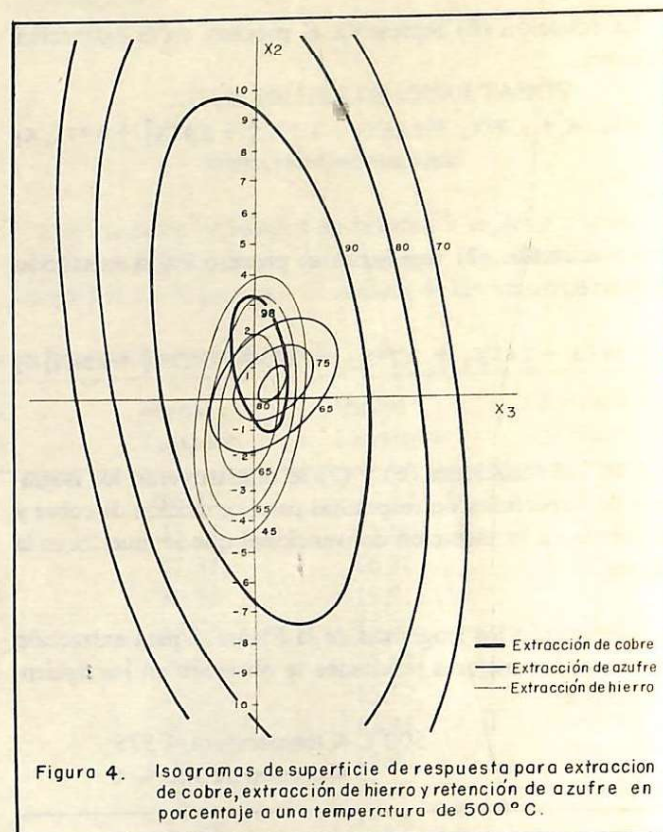


Figura 4. Isogramas de superficie de respuesta para extracción de cobre, extracción de hierro y retención de azufre en porcentaje a una temperatura de 500°C.

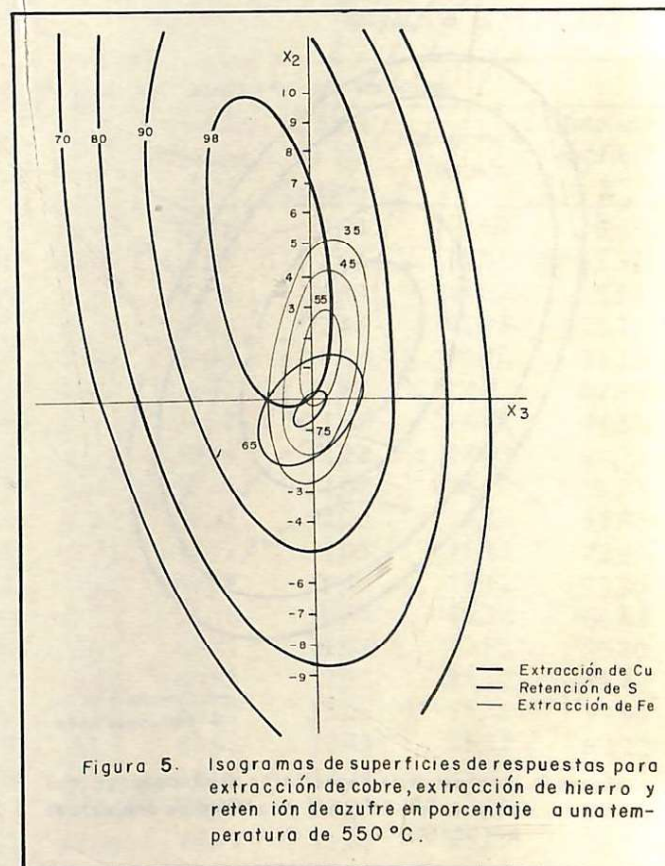


Figura 5. Isogramas de superficies de respuestas para extracción de cobre, extracción de hierro y retención de azufre en porcentaje a una temperatura de 550°C.



Analizando la Figura 5, se puede observar que los mejores resultados se obtienen en los siguientes rangos:

$530 \leq \text{temperatura} \leq 548$

$4,8 \leq \text{presión de aire} \leq 5,2$

$448,77 \leq \text{cal} \leq 493,10$

En estos rangos se logran extracciones de cobre del 98%, de hierro del 55% y retención de azufre del 75%.

### CONCLUSIONES

En los rangos estudiados de las variables, en la tostación sin aditivos el parámetro de mayor influencia, y que parece ejercer un efecto más determinante sobre el proceso, es la temperatura. La introducción de un aditivo para retener azufre inclina el mayor efecto determinante hacia ese factor. Así pues al agregarse cal hidratada, ésta no sólo actúa como retenedor del azufre sino que afecta en forma importante las transformaciones de los sulfuros incidiendo en sus eficiencias de extracción en posteriores procesos de lixiviación.

Específicamente, cuando se adiciona  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , las transformaciones de la calcopirita hacia las fases de fácil disolución se ven principalmente controladas por la presencia y cantidad de cal, luego por el volumen de aire y finalmente por la temperatura. En cambio las transformaciones de la pirita se ven afectadas en primera instancia por la tempera-

tura, luego por la adición de cal, mientras que el aire no es un factor de influencia significativa.

Como era de esperarse el factor controlante de la retención de azufre es la presencia de aditivo, luego el volumen de aire y finalmente la temperatura.

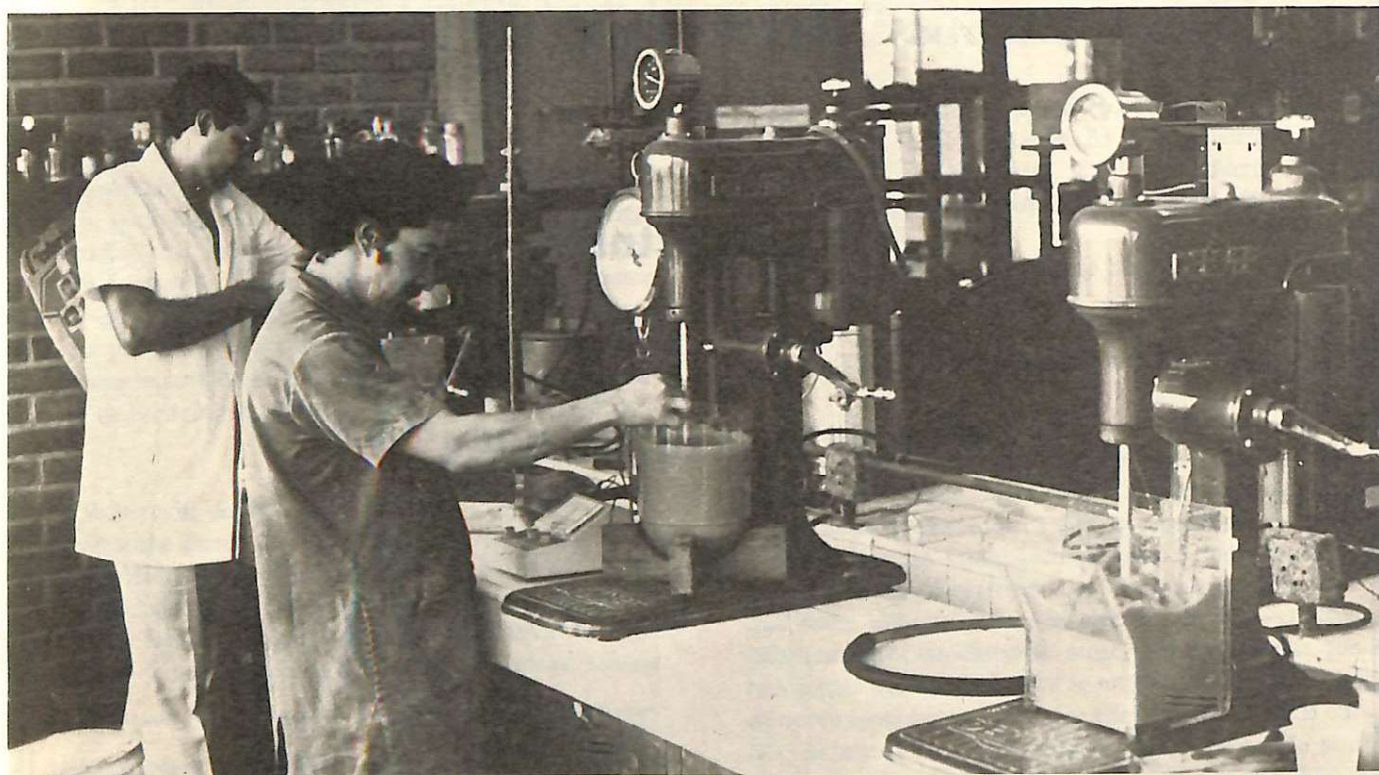
Con respecto al trabajo de Pérez y Zapata<sup>1</sup> se demostró que la cal hidratada es un mejor retenedor de azufre que la cal viva. La primera permitió retenciones hasta el 75%, mientras que con la segunda fueron siempre menores a 50%.

### OTROS ESTUDIOS SOBRE TOSTACION

Un estudio similar al anterior se adelantó con el fin de verificar el poder de retención y la influencia sobre el proceso en general de la cal viva ( $\text{CaO}$ ). Los resultados se publicaron en el número 100 de la revista DYNA, razón por la que no se incluye dicho estudio en esta edición especial.

De otro lado, se están afectuando estudios con el fin de determinar las transformaciones de fases que sufren los sulfuros de cobre y hierro en la tostación en hornos monosolera de lecho fijo de laboratorio, lo que permitirá una interpretación más aproximada de los resultados que se alcanzan en la etapa de lixiviación.

1. PEREZ, J. F. y ZAPATA, J. D. Tostación oxidante de concentrados de calcopirita. Tesis Universidad Nacional, 1980.



"Unidades de banco para flotación de minerales del CENTRO DE INVESTIGACION DEL COBRE. Fotografía de Guillermo Enrique Escobar."