

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3. CARACTERISTICAS FISICAS

La gravedad específica, el índice de trabajo y la velocidad de precipitación se dan en las siguientes tablas.

3.1 GRAVEDAD ESPECIFICA

Es medida por un picnómetro y el valor de la muestra tercera se puede leer en la siguiente tabla.

Tercera Muestra	Gravedad Específica
A	3,20
D	3,07
E	2,96
F	2,73
G	3,05

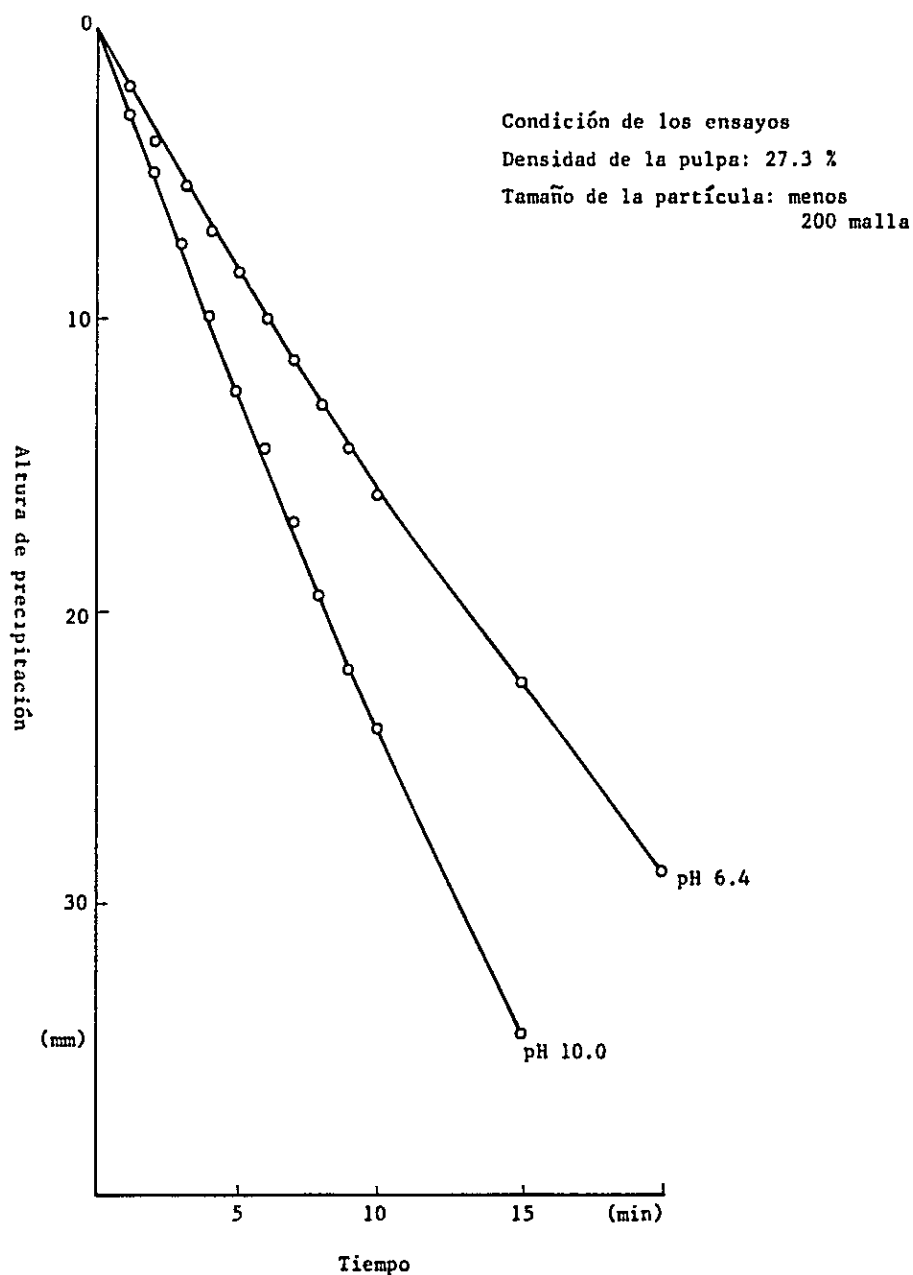
3.2 INDICE DE TRABAJO

Es medido por el método de hardgrove y el valor de la muestra tercera se puede leer en la siguiente tabla.

Tercera Muestra	Indice de Trabajo kwh/ton
A	10,64
D	9,30
E	12,40
F	11,11
G	5,45

3.3 VELOCIDAD DE PRECIPITACION

Se determina en recipiente cilindrico donde se introduce el mineral con una densidad de pulpa de 27,3% y el tamaño de grano del mineral es -200 mallas el 99,8%. El valor de tal velocidad se puede ver en las siguientes gráficas :



Velocidad de precipitación de los particulos minerales

4. FLOTACION PRELIMINAR

4. FLOTACION PRELIMINAR

Para estudiar el comportamiento de los minerales de Au, Ag, Zn, Fe, As, durante los procesos de flotación selectiva, y bulk-selectiva, se emplearon muestras de los núcleos de perforación de la mina El Diamante.

4.1 FLOTACION BULK-SELECTIVA

El resultado representativo de este tipo de flotación se presentan en el Anexo N° 4-1.

4.2 FLOTACION SELECTIVA

Los resultados obtenidos durante este proceso se presentan en el Anexo N° 4-2.

4.2.1 INFLUENCIA DEL pH EN LA FLOTACION SELECTIVA

Se hicieron ensayos para establecer la influencia del pH en la flotación selectiva, así como también escoger el mejor regulador del pH. Los resultados se presentan en el Anexo N° 4-3.

El ensayo se llevó a cabo con diferentes pH (9,12 y natural) y reguladores como NaOH y $\text{Ca}(\text{OH})_2$, indicando que los resultados eran los mismos en todos los casos.

4.2.2 CONSUMO DE NaCN

Con un pH de 12 se encontró que el consumo de NaCN era de 0,5. 10 y 15 g/t. Los resultados se presentan en el Anexo N° 4-4.

4.2.3 ENSAYO CON MINERAL ALTO EN HIERRO

Debido a que los núcleos de perforación tienen muy bajo contenido en oro, plata y arsénico, se seleccionó una muestra con alto contenido en pirita

con el objeto de documentar los valores de oro, plata y arsenico. Teniendo en cuenta los resultados positivos de la flotación selectiva se recomendó su empleo en esta etapa. Los resultados se presentan en el Anexo 4-5.

5. FLOTACION FINAL

5. FLOTACION FINAL

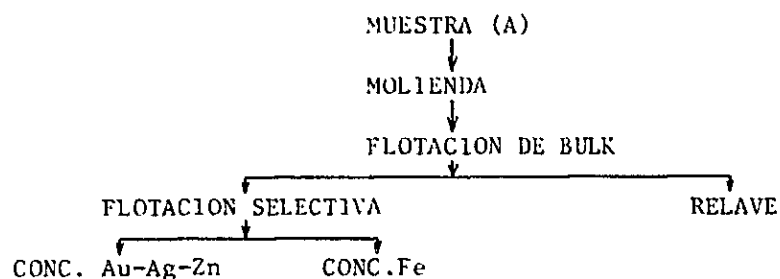
Este ensayo se llevó a cabo con muestra minerales obtenidas de los frentes de trabajo de la mina El Diamante. Como se mencionó anteriormente, se tomaron 5 clases de muestras, utilizando para éste ensayo la muestra A porque se consideró más representativa del yacimiento.

5.1 FLOTACION BULK-SELECTIVA

De acuerdo con los resultados obtenidos en la flotación preliminar Bulk-Selectiva se hizo el ensayo final teniendo en cuenta las siguientes condiciones.

Numero de ensayos		F - 64	F - 65
Molienda	Tiempo de molienda	60 min.	60 min.
	Densidad de pulpa	60 %	60 %
Flotación-bulk	Ca(OH) ₂	-	1.000 g/t
	pH	6,0	9,2
	Sulfato de cobre	100 g/t	100 g/t
	Tiempo de modificación	5 min.	5 min.
	Colector # 208	30 g/t	30 g/t
	Colector # 870	30 g/t	30 g/t
	Colector xantato	150 g/t	150 g/t
	Espumante M.I.B.C.	30 g/t	30 g/t
	Tiempo de flotación	15 min.	15 min.
Flotación-selectiva	Ca(OH) ₂	1.900 g/t	1.400 g/t
	Cianuro de sodio	15 g/t	15 g/t
	pH	12,0	12,1
	Colector # 208	10 g/t	10 g/t
	Colector # 870	10 g/t	10 g/t
	Espumante M.I.B.C.	10 g/t	10 g/t
	Tiempo de flotación	10 min.	10 min.

El proceso se llevó a cabo teniendo en cuenta el siguiente diagrama de flujo.



Los resultados detallados obtenidos en este proceso se presentan en el Anexo N° 5-1, y un resumen de los mismos se indican en la Tabla siguiente.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA FLOTACION-BULK SELECTIVA

PRODUCTOS	LEY				RECUP.			
	N° 64		N° 65		N° 64		N° 65	
COMPONENTES	Au(g/t)	As(%)	Au(g/t)	As(%)	Au(%)	As(%)	Au(%)	As(%)
ALIMENTACION	17,0	4,58	13,8	5,00	100	100	100	100
RELAVE	10,1	2,36	4,8	3,58	39,8	34,6	24,5	50,2
BULK-CONC.	31,1	9,12	34,9	8,35	60,2	65,4	75,5	49,8
CONC.-Au,Ag,Zn	99,0	2,50	94,2	2,78	48,3	4,5	60,1	4,9
CONC.-Fe	8,2	11,35	10,1	10,69	11,9	60,9	15,4	44,9

Como se puede observar en la Tabla anterior, los resultados son más bajos que los resultados obtenidos en la flotación selectiva.

5.2 FLOTACION SELECTIVA

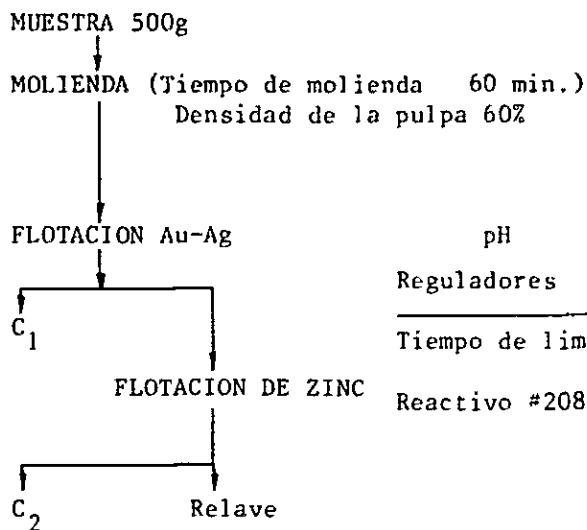
La flotacion selectiva se llevó a cabo utilizando NaOH y Ca(OH)₂ como reguladores del pH. Antes de realizar este ensayo, se tuvieron en cuenta

los siguientes puntos.

(1) Comparación de los reguladores del pH.

Para esta comparación se utilizó la muestra A.

El método empleado para comparar los reguladores del pH fue el $L_4 (2^3)$, de acuerdo con el diagrama siguiente;

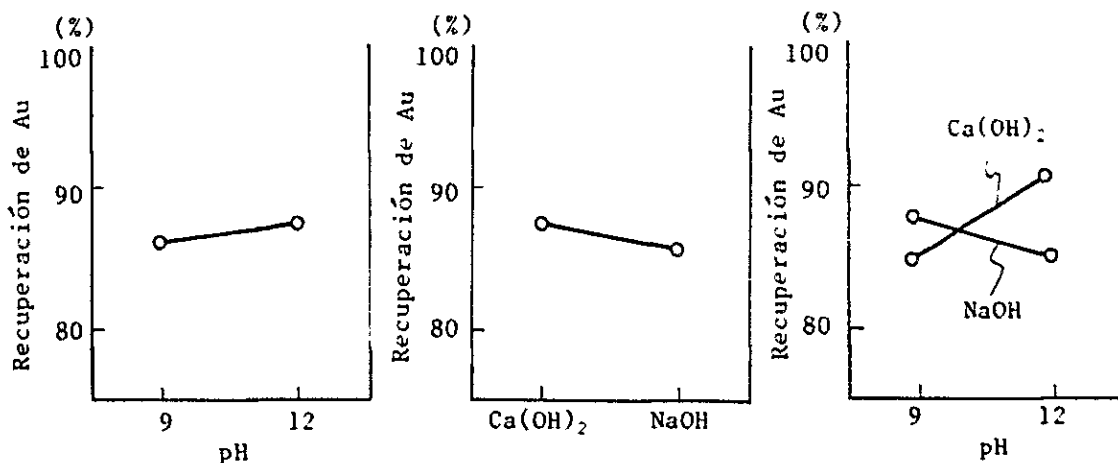


pH	9	12
Reguladores	$Ca(OH)_2$	NaOH
Tiempo de limpieza	5 min.	
Reactivo #208	30g/t, MIBC 10 g/t.	

pH	9	12
Reguladores	$Ca(OH)_2$	NaOH
Tiempo de limpieza	10 min.	
Reactivo #870	30g/t, MIBC 10 g/t	
FT.10		

Los resultados se presentan en Anexo 5-2.

Con base en lo anterior se hizo el siguiente gráfico

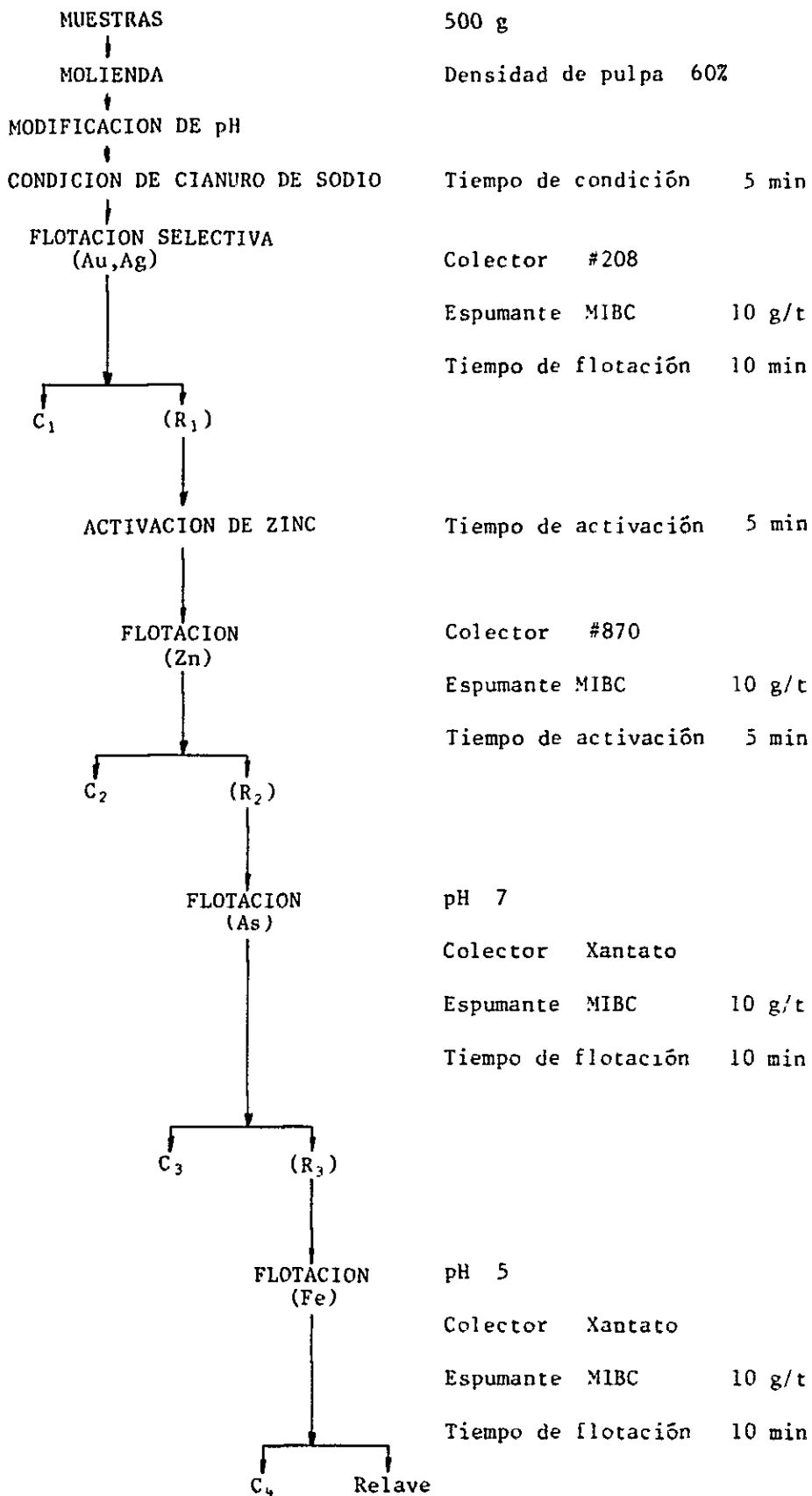


Relaciones de la recuperacion de Au y los varios factores

Como conclusión final se estableció que la mejor recuperación de oro se obtiene usando un pH de 12 y como regulador Ca(OH)_2 , sin embargo usando un pH de 9 y el regulador NaOH se obtuvo un resultado casi igual.

- (2) Ensayo para buscar las óptimas condiciones para la flotación selectiva. Las condiciones óptimas para la flotación selectiva en la recuperación de oro fueron establecidas variando los diferentes factores tales como tamaño del grano en la molienda, consumo de activadores, depresantes y XANTATOS para la esfalerita.

El método empleado fue el $L_8 (2^7)$ de acuerdo con el diagrama siguiente.

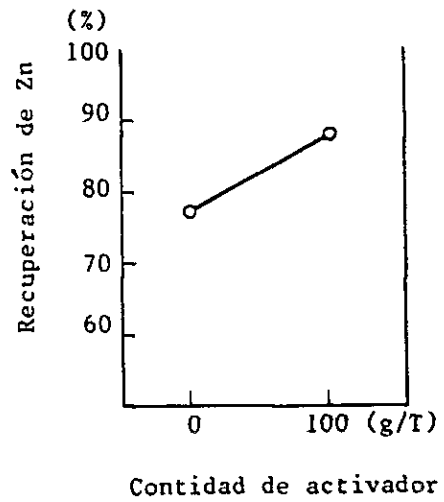
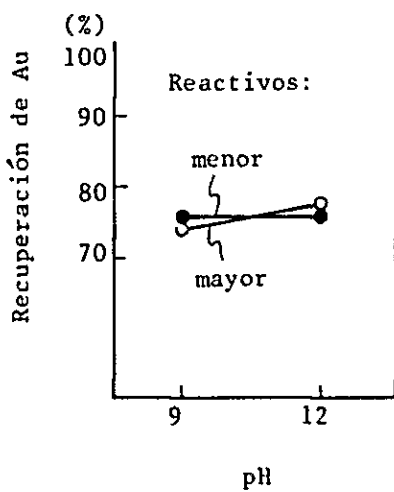
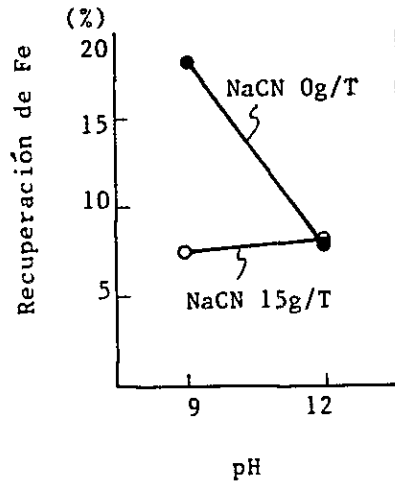
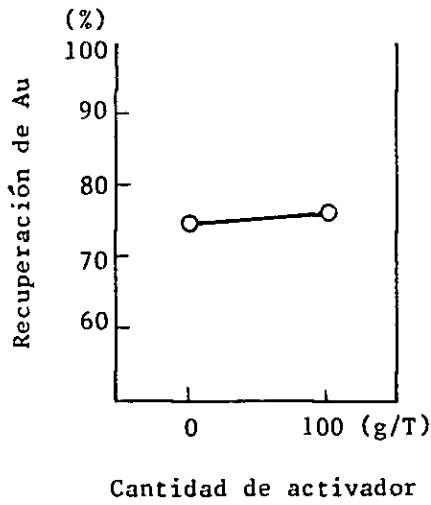
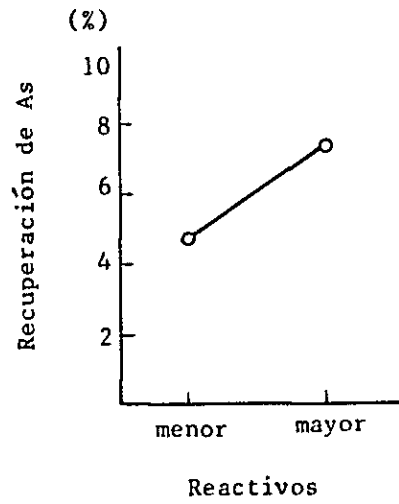
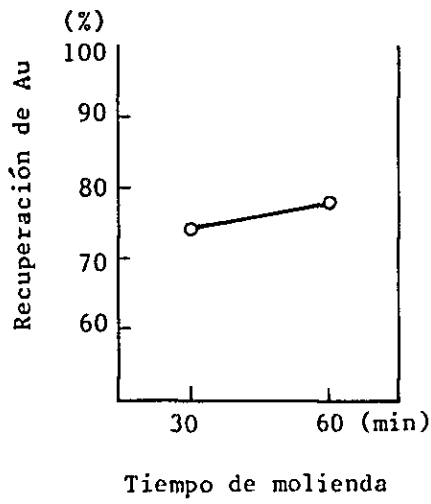


Número de ensayos	pH de flotación selectiva	Cantidad de cianuro de sodio	Cantidad de reactivos	Cantidad de Sulfato de cobre	Tiempo de molienda
F-52	9	0 g/t	menor	0 g/t	30 min
F-48	9	0	mayor	100	60
F-49	9	15	menor	100	60
F-46	9	15	mayor	0	30
F-53	12	0	menor	0	60
F-51	12	0	mayor	100	30
F-50	12	15	menor	100	30
F-47	12	15	mayor	0	60

Cantidad de reactivos	#208	#870	Xantato	Xantato
menor	10 g/t	10 g/t	50 g/t	50 g/t
mayor	30 g/t	30 g/t	75 g/t	75 g/t

Los resultados se indican en el Anexo N° 5-3.

Con estos resultados se obtuvieron las siguientes graficas:



Relaciones de las recuperaciones de metales y los varios factores

Las conclusiones de este ensayo fueron:

- De acuerdo al tiempo de molienda (30 min y 60 min) existen diferencias notables en la recuperación del oro tanto en el C_1 como en el C_2 .
- En la flotación selectiva del zinc, se encontró que el mejor activador es el $CuSO_4$.
- Las impurezas de Fe en los concentrados C_1 y C_2 dependen del pH y del consumo de NaCN. Con un pH bajo se necesita abundante NaCN para eliminar las impurezas de Fe, sin embargo con un pH alto el consumo de NaCN es bajo.
- En los resultados no se observa gran diferencia en la recuperación del zinc, sin embargo cuando se emplea un colector, aumenta el contenido de arsénico en los concentrados de Au-Ag y zinc.
- De acuerdo con los resultados mencionados anteriormente las condiciones óptimas para la flotación selectiva son:

Tiempo de molienda : 60 min

pH : 12

NaCN : 15 g/t

Colector : mayor

$CuSO_4$: 100 g/t

Resultados de ensayo hecho con este condición se presenta Anexo 5-4.

Las fotografías microscópicas de los concentrados se indican en las

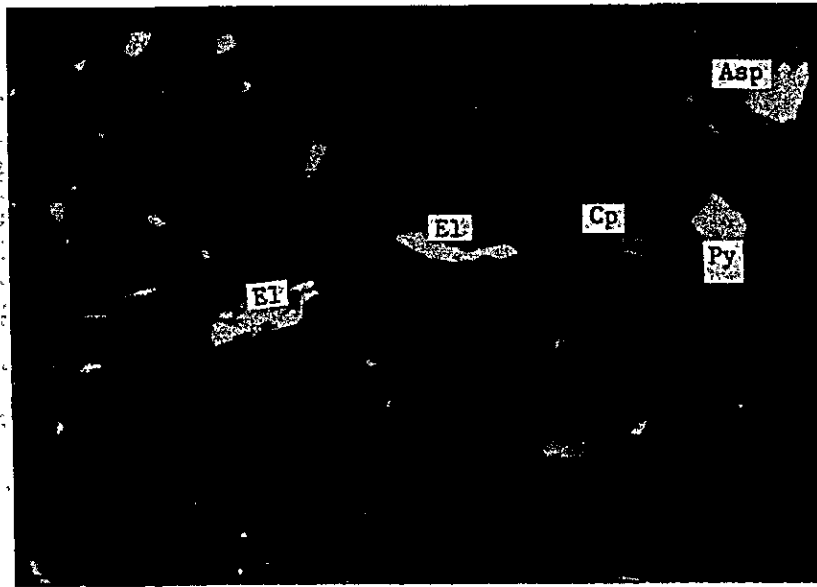
Foto. 5-1 a 5-3.

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

5-1

C₁ (Concentrado de Au y Ag)



0 0,05mm

C₂ (Concentrado de Zn)

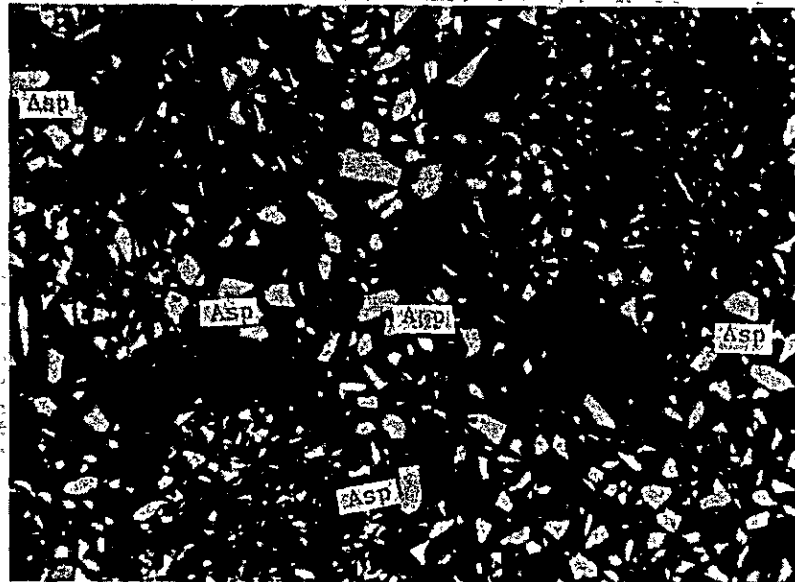


0 0,05mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

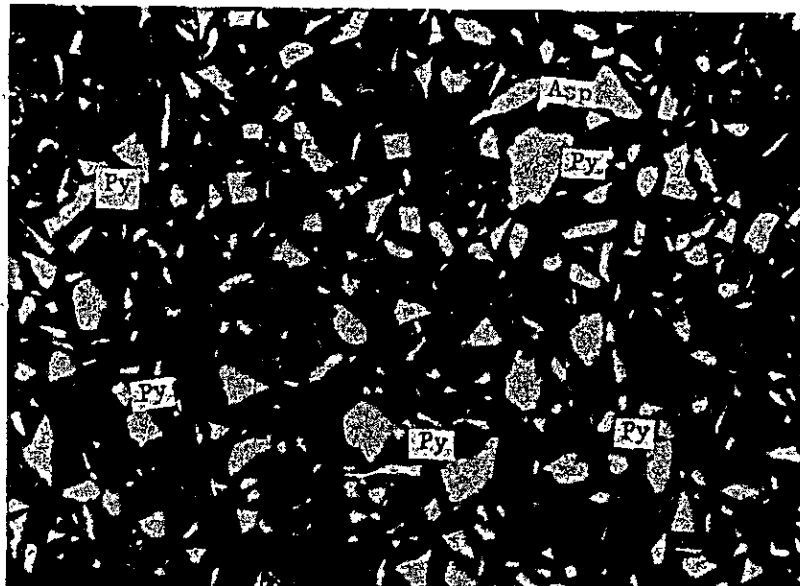
Fotografía
5-2

C₃ (Concentrado de arsenopirita)



0 0,2mm

C₄ (Concentrado de pirita)



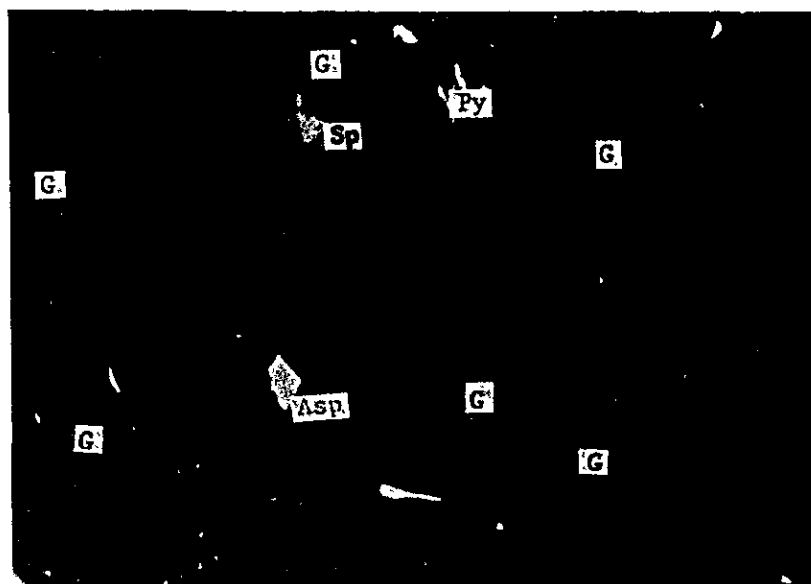
0 0,2mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

5-3

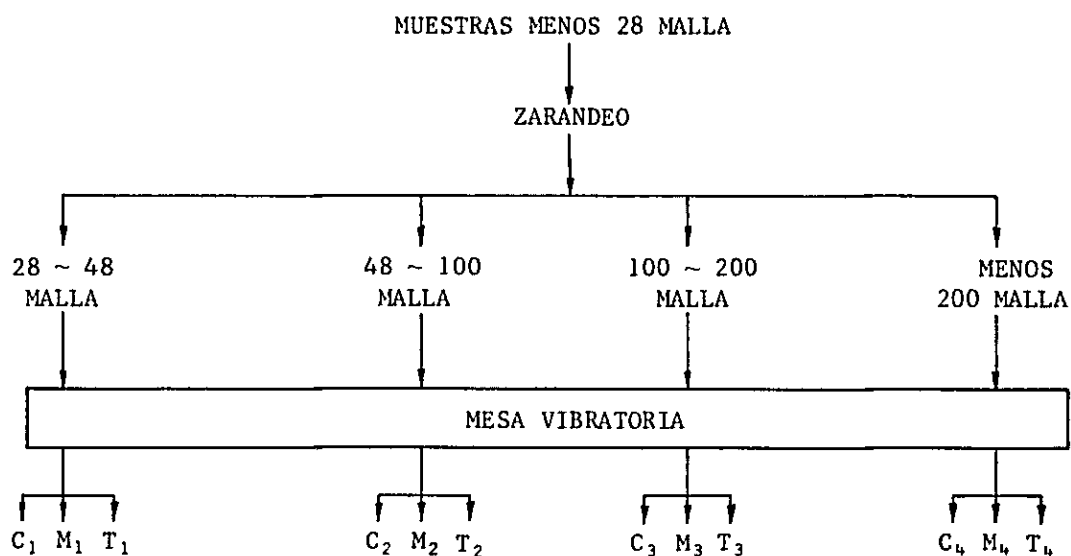
T (Relave)



**6. ENSAYO DE CONCENTRACION
GRAVIMETRICA**

6. ENSAYO DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA

Este ensayo se llevó a cabo con el objeto de lograr la concentración de los minerales de oro y plata, y además estudiar el comportamiento de los otros minerales presentes, en particular el arsénico. Los resultados se presentan en el Anexo N° 6-1 y el diagrama de flujo que se utilizó fue el siguiente:



C₁, C₂, C₃, C₄ : CONCENTRADO

M₁, M₂, M₃, M₄ : INTERMEDIO

T₁, T₂, T₃, T₄ : RELAVE

En términos generales los resultados presentados en Anexo 6-1 indican que la mejor recuperación de Au y Ag se obtiene en la fracción -48 ~ + 100 Malla, mientras que el arsénico presenta aproximadamente la misma concentración en todas las fracciones, deduciéndose que es imposible su separación por este método.

7. CIANURACION

7. CIANURACION

Con los concentrados obtenidos por flotación se llevó a cabo el ensayo de cianuración. Los concentrados obtenidos fueron los siguientes :

C₁ : concentrado de Au-Ag

C₂ : " de Zn

C₃ : " de As

C₄ : " de Fe

T : relave

Los resultados del ensayo de cianuración se presentan en el Anexo N° 7-1 y las condiciones de cianuración fueron las siguientes :

Número de ensayos	Condición de lixiviación			
	Tiempo de molienda (min)	Densidad de la pulpa (%)	pH	Densidad de NaCN (%)
L-C ₁ —1	60	40	10	0,2
L-C ₂ —2	"	"	"	"
L-C ₃ —3	"	"	"	"
L-C ₄ —4	"	"	"	"
L-T —5	"	"	"	"
L-C _{1,2} —6	60	40	10	0,5
L-C ₃ —7	"	"	"	"
L-C ₄ —8	"	"	"	"

Los resultados se presentan en Anexo 7-1.

Bajo las condiciones mencionadas anteriormente, los porcentajes de lixiviación de oro para cada uno de los concentrados fueron los siguientes :

C₁ : 70%

C₂ : 46%

C₃ : 7%

C₄ : 14%

T : 90%

Con respecto a la plata, el porcentaje de lixiviación fue menor del 1% para todos los concentrados, debido a que se necesita mayor cantidad de NaCN, además de la influencia negativa de los reactivos que fueron usados en la flotación.

El concentrado C₁ tiene muy baja recuperación de oro, además de que el C₄ tiene 6,3 g/t de oro y 32g/t de plata con muy baja recuperación para ambos metales. Se aumentó la concentración del NaCN a 0,5% para mejorar la recuperación del oro y la plata, obteniéndose el mismo resultado.



8. ENSAYO DE TOSTACION

8. ENSAYO DE TOSTACION

Teniendo en cuenta que la cianuración directa de los concentrados dió resultados negativos, para mejorar este proceso, eliminando arsénico, además de quitar la influencia negativa de los reactivos empleados en la flotación, se hizo una previa tostación de los concentrados. Los resultados de este proceso se presentan en el Anexo N° 8-1.

Las condiciones bajo las cuales se hizo la tostación fueron las siguientes :

Número de Ensayos	Productos de Minerales	Condición de Tostación		Condición de Lixivación			
		Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Tiempo de Molienda (min)	Densidad de Pulpa (%)	pH	Densidad de NaCN (%)
L-R-1	Cabeza	500	60	60	37,5	10	0,2
L-R-2	Concentrado C ₁	"	"	"	39,6	"	"
L-R-3	Concentrado C ₂	"	"	"	40,2	"	"
L-R-4	Concentrado C ₃	"	"	"	31,7	"	"
L-R-5	Concentrado C ₄	"	"	"	32,2	"	"
L-R-6	Relave	"	"	"	39,4	"	"
L-R-7	Concentrado C ₁ y C ₂	600	30	60	40	10	0,5
L-R-8	Concentrado C ₃	400	30	"	"	"	"
L-R-9	Concentrado C ₃	600	30	"	"	"	"
L-R-10	Concentrado C ₄	400	60	"	"	"	"
L-R-11	Concentrado C ₄	600	60	"	"	"	"

El resumen de este proceso de tostación se presenta en el Anexo 8-1.

Como puede observarse en la tabla anterior, los resultados fueron positivos ya que se redujo notablemente la cantidad de arsénico y azufre en el concentrado.