

ANEXO

REPUBLICA DE COLOMBIA

ESTUDIO PRELIMINAR DE FACTIBILIDAD

DEL DESARROLLO DEL AREA EL DIAMANTE-

PARAISO-BOMBONA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PROYECTO DE INGEOMINAS

REPORTE DEL EXAMEN METALURGICO

 LIBRARY



1030168E7J

MARZO DE 1984

Japan International Cooperation Agency
Metal Mining Agency of Japan

国際協力事業団	
---------	--

受入 月日 '84. 5. 28	705
	66
登録No. 10330	MPN

RESUMEN

El ensayo hidrometalúrgico realizado con muestras minerales con oro y plata de la mina el Diamante en Colombia, se llevó a cabo en los laboratorios de MINDECO por encargo de MMAJ, en el período comprendido entre Julio y Noviembre de 1983.

Esta prueba fue realizada como un complemento para el estudio preliminar de factibilidad de la mina el Diamante que será presentado en Febrero de 1984.

Se realizaron numerosos ensayos y análisis con el objeto de estudiar el comportamiento de los diferentes minerales y así poder seleccionar el mejor método de beneficio para el desarrollo de dicha mina.

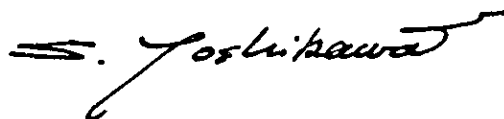
Los resultados finales indican que la óptima recuperación de Au-Ag-Zn se obtiene cuando se trata directamente el mineral crudo por cianuración, seguido por la recuperación del Zinc y tratamiento posterior del desagüe.

Estos resultados se ajustan a las especificaciones requeridas para los cálculos del estudio preliminar de factibilidad.

AGRADECIMIENTOS

MINDECO (MITSUI Mineral Development Engineering Company LTD) agradece a MMAJ (Metal Mining Agency of Japan) y IDC (International Development Center) quienes nos dieron la oportunidad para realizar este informe, lo mismo que a INGEOMINAS (Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras) de Colombia por su valiosa colaboración en la selección de las muestras de campo y corrección del presente informe, por intermedio de los funcionarios Joaquin Buenaventura y Eduardo Romero.

Febrero 1984



Shigeaki Yoshikawa

Presidente

MINDECO

CONTENIDO

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO Y METODOLOGIA DEL ENSAYO	3
2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
2.2 METODOLOGIA DEL ENSAYO	3
2.2.1 IDENTIFICACION DE LOS MINERALES	3
2.2.2 ENSAYO DE BENEFICIO	3
2.2.3 TIPOS DE MUESTRAS	5
2.2.4 CARACTERISTICAS DEL MINERAL	7
2.2.5 EQUIPO UTILIZADO	33
3. CARACTERISTICAS FISICAS	39
3.1 GRAVEDAD ESPECIFICA	39
3.2 INDICE DE TRABAJO	39
3.3 VELOCIDAD DE PRECIPITACION	40
4. FLOTACION PRELIMINAR	41
4.1 FLOTACION BULK-SELECTIVA	41
4.2 FLOTACION SELECTIVA	41
4.2.1 INFLUENCIA DEL pH EN LA FLOTACION SELECTIVA	41
4.2.2 CONSUMO DE NaCN	41
4.2.3 ENSAYO CON MINERAL ALTO EN HIERRO	41
5. FLOTACION FINAL	43
5.1 FLOTACION BULK-SELECTIVA	43
5.2 FLOTACION SELECTIVA	44
6. ENSAYO DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA	55

7. CIANURACION	57
8. ENSAYO DE TOSTACION	59
9. CIANURACION DESPUES DE TOSTACION	61
10. CIANURACION DE MINERAL CRUDO	63
10.1 ENSAYO PRELIMINAR	63
10.2 ENSAYO FINAL	64
11. RECUPERACION DEL ZINC DESPUES DE LA CIANURACION	67
11.1 NECESIDAD DE LAVADO DEL RELAVE DE CIANURACION	67
11.2 pH ADECUADO	67
11.3 TIEMPO REQUERIDO ENTRE LA CIANURACION Y RECUPERACION DEL ZINC	67
12. TRATAMIENTO DE DESAGÜE	71
13. CONCLUSIONES	73

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

El ensayo se llevó a cabo con una muestra polimetálica con oro y plata de la mina El Diamante en el departamento de Nariño en Colombia.

El objetivo de este ensayo es establecer el proceso más adecuado para el tratamiento del mineral, complementando los estudios de prefactibilidad de la mina El Diamante.

El oro se presenta en partículas muy pequeñas, cuyo tamaño varía desde algunos micrones hasta 100 micrones y generalmente dentro de los cristales de pirita y arsenopirita.

La plata se presenta en partículas que varían en tamaño desde 10 micrones hasta 30 micrones.

Teniendo en cuenta las características anteriores, el mayor proceso para tratar este mineral es el de cianuración el cual puede ser complementado con procesos de concentración gravimétrica, flotación y tostación.

Se realizaron ensayos preliminares con muestras tomadas por perforación y con base en los resultados preliminares, posteriormente se realizaron ensayos con muestras tomadas directamente de los frentes de explotación.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio Central de Mitsui Mining and Smelting Company durante el período comprendido entre Junio y Diciembre de 1983.

2. OBJETIVO Y METODOLOGIA DEL ENSAYO

2. OBJETIVO Y METODOLOGIA DEL ENSAYO

2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio, como se dijo anteriormente es establecer el mejor proceso metalúrgico para la explotación de la mina El Diamante. El problema principal de este mineral es su alto contenido de As, el cual es necesario eliminarse para obtener la máxima recuperación del oro y plata.

2.2 METODOLOGIA DEL ENSAYO

El mineral presenta abundantes sulfuros de hierro, arsénico y zinc, que van a consumir gran parte del cianuro de sodio en el proceso de cianuración impidiendo a su vez la disolución del oro y de la plata por el cianuro. Por lo tanto para aumentar la recuperación de oro y plata en el proceso de cianuración se separaron los sulfuros mencionados anteriormente con los siguientes pasos;

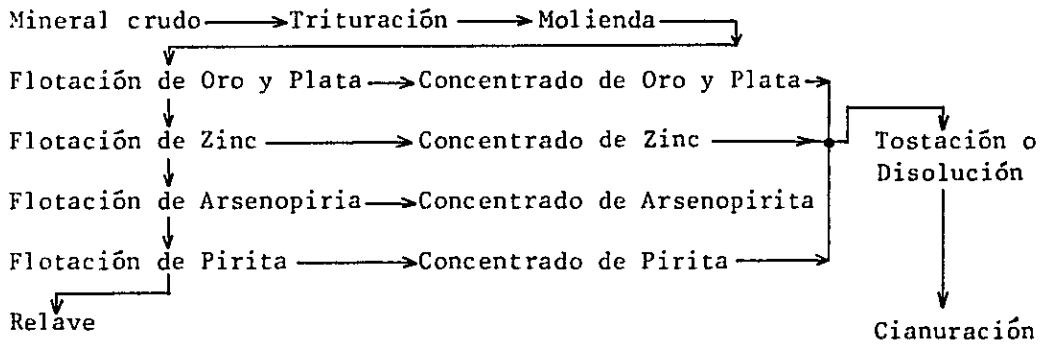
2.2.1 IDENTIFICACION DE LOS MINERALES

Se identificó el oro y la plata y se estableció la forma como se encontraron en el mineral crudo y en los concentrados de oro y plata, de zinc, de pirita, de arsenopirita y en los relaves.

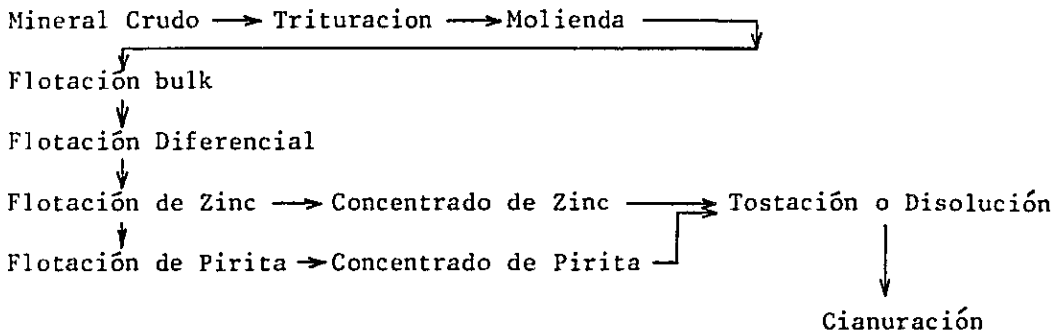
2.2.2 ENSAYO DE BENEFICIO

Esta etapa depende en gran parte de la identificación de los minerales. Se estableció que el proceso de cianuración hay que aplicarlo después de una flotación, o después de la concentración gravimétrica o después de una tostación, o después de una disolución.

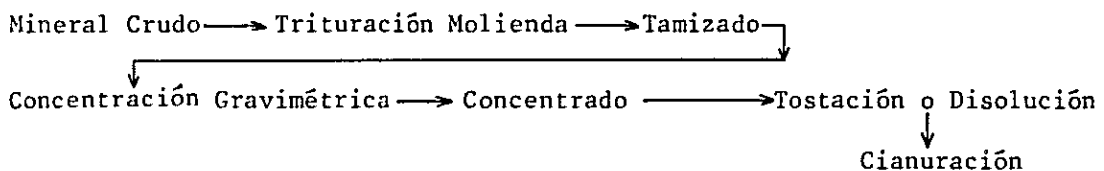
Flotación Selectiva



Flotación Bulk - Selectiva



Concentración Gravimétrica



En estos tres métodos se ha pensado especialmente en separar el arsénico y además tener en cuenta cada uno de los siguientes puntos;

a) En flotación

a.1 Relación de tamaño de partícula y recuperación de concentrados de zinc y de pirita.

a.2 Relación de consumo de activador de esfalerita y recuperación de concentrados de zinc y de pirita.

- a.3 Relación de consumo de colector y recuperación de concentrados de zinc y de pirita.
- a.4 Relación de consumo de depresante (Ca(OH)_2 etc.) y eficiencia de depresión de pirita.
- b) En cianuración
 - b.1 Relación de tamaño de partícula y porcentaje de disolución de oro y plata.
 - b.2 Relación del pH y porcentaje de disolución de oro y plata.
 - b.3 Relación de consumo de cianuro de sodio y porcentaje de disolución oro y plata.
 - b.4 Relación de tiempo de lixiviación con porcentaje de disolución de oro y plata.
- c) En tostación y disolución
 - c.1 Relación de temperatura, tiempo y eliminación de azufre y arsénico.
 - c.2 Relación de tostación, disolución y rendimiento de cianuración.
- d) En concentración gravimétrica
 - d.1 Recuperación de oro y plata.
 - d.2 Recuperación de arsénico.
- e) Otros
 - e.1 Medida del índice de trabajo (work index).
 - e.2 Medida de la velocidad de precipitación.
 - e.3 Medida de la gravedad específica del mineral.

2.2.3 TIPOS DE MUESTRAS

La primera muestra obtenida de la mina El Diamante fue por perforaciones hechas entre 1979 y 1982 en base a un programa de cooperación del gobierno japonés, y con el estudio de estas muestras se obtuvieron resultados satisfactorios para su segundo estudio y ratificar el estudio preliminar.

La segunda muestra es tomada de la muestra primera extrayendole ganga para aumentar la ley de los elementos en el mineral.

La tercera muestra es tomada por la misión de estudio de prefactibilidad y enviada al Japón. La muestra es conformada por incrementos de 5 puntos diferentes, cada uno de 40 kg aproximadamente, y tamaño de menos de 40 mm (vease tabla siguiente).

Muestra	Origen
A	Tajo N° 1 Mina El Diamante
D	Tajo S 2 Mina Gualguila
E	Tajo N° 13 S Mineral Oxidado Diamante
F	Socavón Norte Mina El Diamante
G	Mina Marina

La ley de estas tres muestras es la siguiente;

Muestra	Au (g/t)	Ag (g/t)	Zn (%)	Fe (%)	Cu (%)	Pb (%)	As (%)	S (%)	Sb (%)	Sn (%)	Bi (%)	
Primera	3	23	1,8	9,3	0,15		2,0	6,0				
Segunda	7,5	80	8,0	18			5,5					
Tercera	A	17,0	58,7	3,00	11,54	0,18	0,26	4,0	14,5	0,009	<0,002	0,006
	D	3,7	150,8	0,89	11,12	0,87	0,32	2,2	12,2	0,056	0,002	0,004
	E	7,2	63,0	1,88	7,81	0,20	0,18	2,4	9,72	0,007	0,002	0,006
	F	7,8	46,3	0,37	4,15	0,03	0,12	1,4	4,24	0,007	<0,002	<0,002
	G	10,8	41,0	0,32	25,9	0,23	0,21	4,2	1,42	0,016	<0,002	0,009

2.2.4 CARACTERISTICAS DEL MINERAL

En el análisis mineralógico realizado en las muestras con un difractor de rayos x, se encontraron los siguientes resultados.

Las fotografías microscópicas y los resultado de estudio sobre composición de minerales crudos por EPMA se indican en las Foto.2-1 ~ 2-13, y los difractogramos de rayos x de minerales crudos se presentan en Anexo 2-1 ~ 2-5.

Mineral	Composición	1a y 2a muestra	Tercera Muestra				
			A	D	E	F	G
Electrum	(Au,Ag)	•	•	•	•	•	•
Pirargirita	Ag ₃ SbS ₃	•	•	•	•	•	•
Tetrahedrita Argentifera	(CuFeZnAg) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	•	•	•	•	•	•
Arsenopirita	FeAsS	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Pirita	FeS ₂	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	•
Calcopirita	CuFeS ₂	⊙	•	—	•	—	—
Esfalerita	(ZnFe)S	⊙	⊙	—	⊙	•	—
Galena	PbS	△	•	•	•	—	—
Escoridita	FeAsO ₄ 2H ₂ O	—	—	—	—	△	△
Cuarzo	SiO ₂	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Sericita	KAl ₂ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₂	⊙	△	△	—	△	△
Clorita	(MgAl) ₆ (Si ₄ O ₁₀)	⊙	•	—	•	•	△
Caolinita	Al ₄ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₄	⊙	•	△	△	•	—
Göetita	FeO(OH)	—	—	—	—	—	—

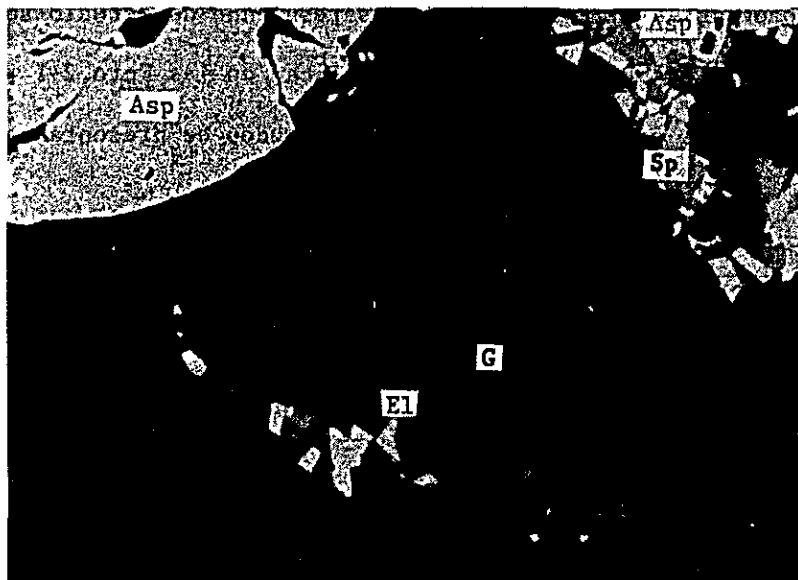
Convención ; ⊙ abundante
 ⊙ bastante
 ⊙ normal
 △ poco
 • trazos
 — nada

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

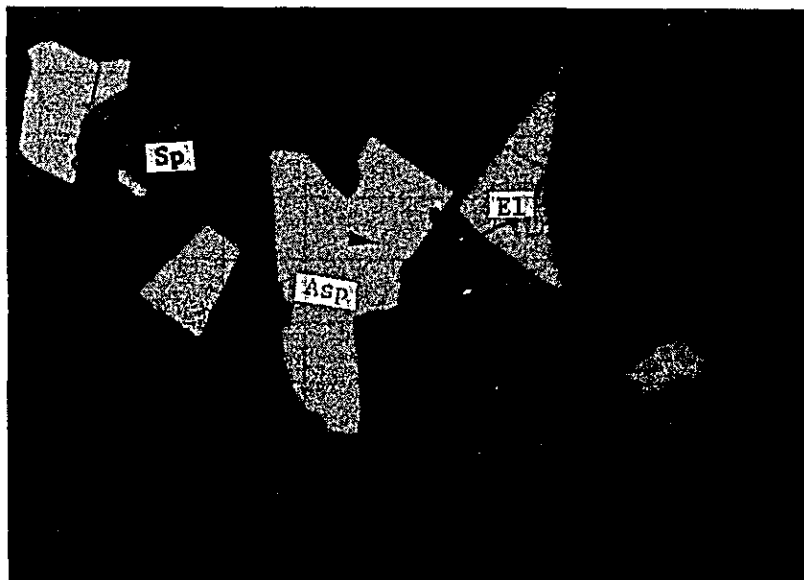
2-1

o Electrum en ganga



0 0,2mm

o Amplificación de la fotografía arriba
(Electrum coexiste con pirita y ley de electrum esta
80.15% Au, 18.21% Ag por análisis cuantitativa por XMA)



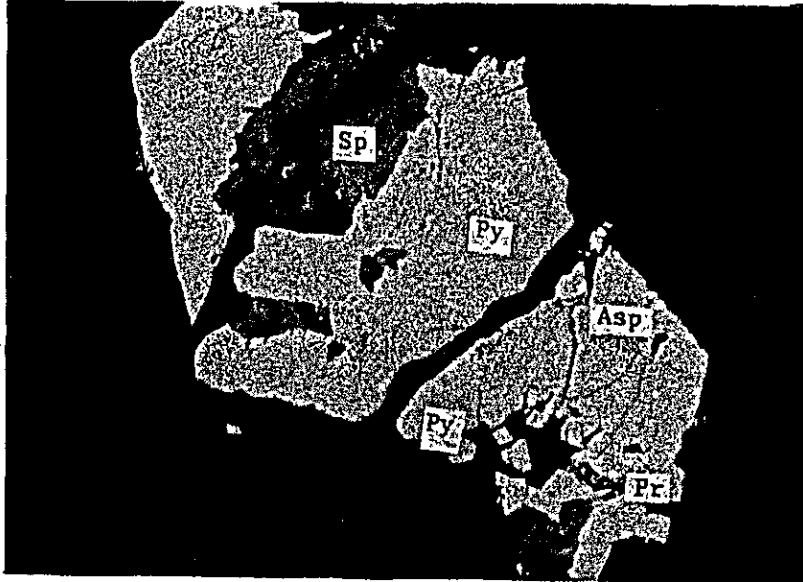
0 0,05mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

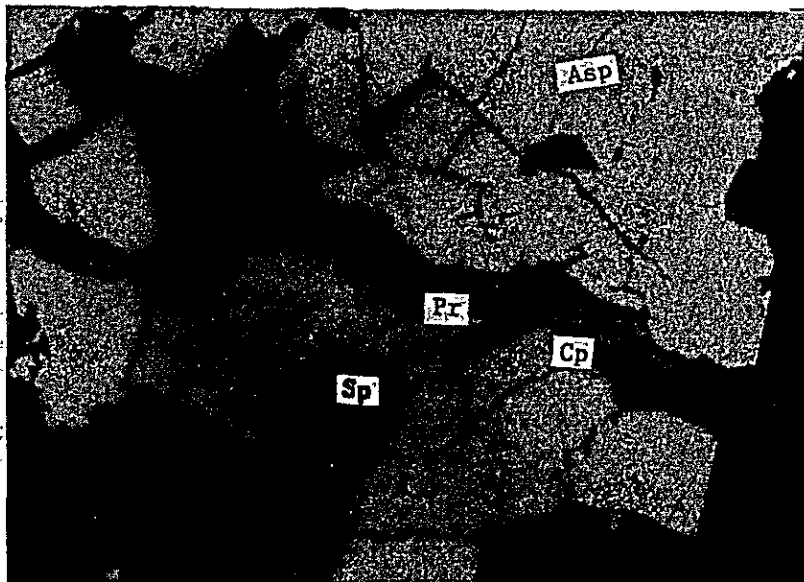
2-2

o Pirargirita y calcopirita en la hendidura de arsenopirita



0 0,2mm

o Amplificación de la fotografía arriba



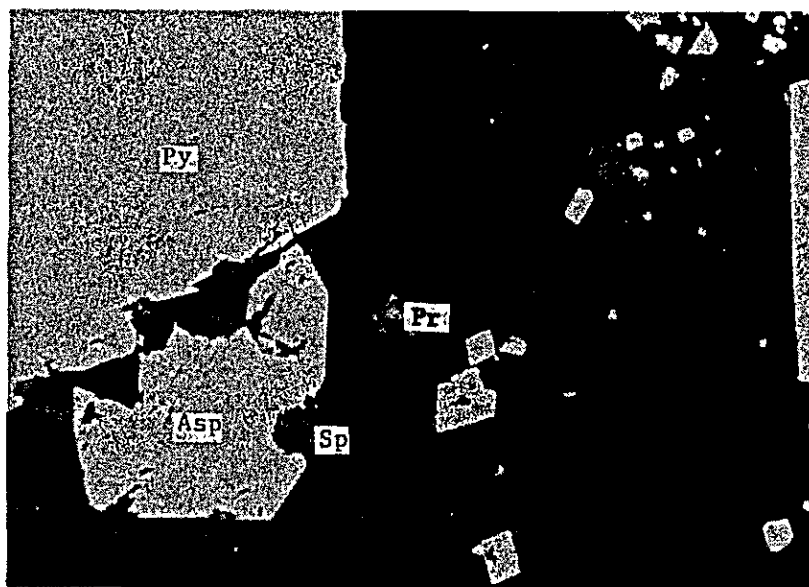
0 0,05mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

2-3

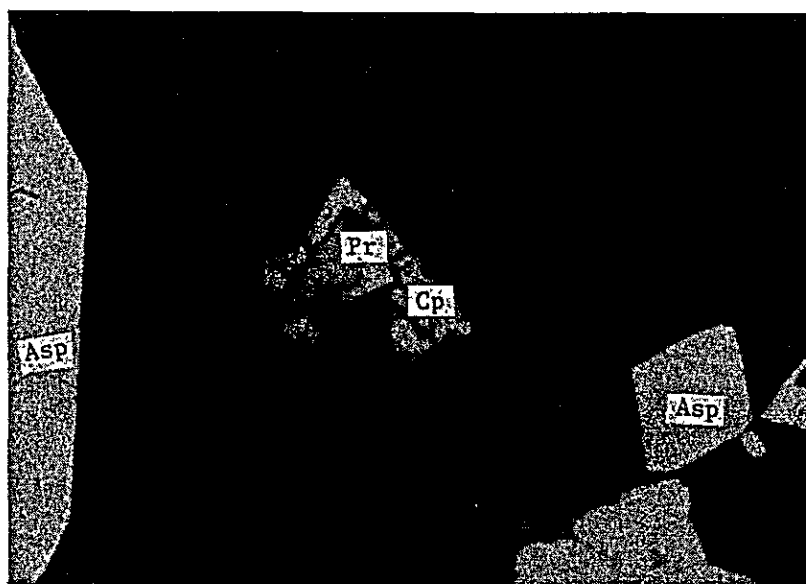
o Pirargirita coexistente con calcopirita



0 0,2mm

A horizontal scale bar with a vertical tick at the left end labeled '0' and a vertical tick at the right end labeled '0,2mm'.

o Amplificación de la fotografía arriba



0 0,05mm

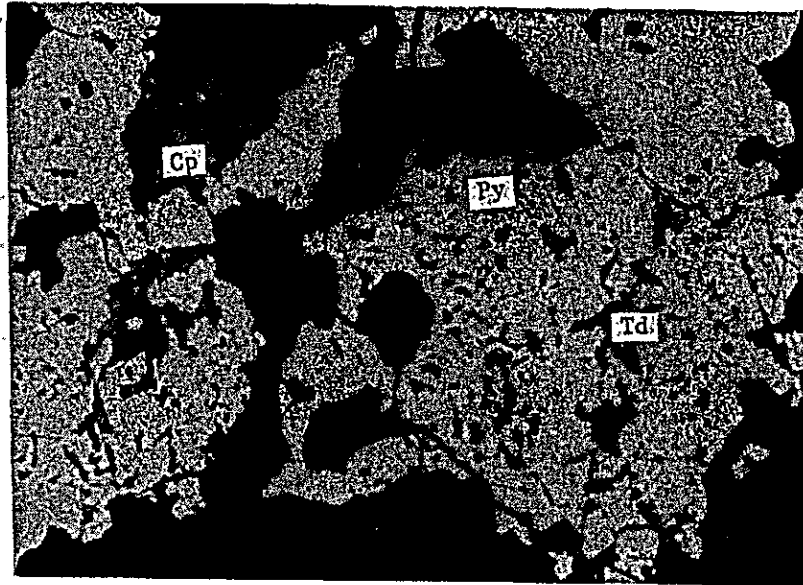
A horizontal scale bar with a vertical tick at the left end labeled '0' and a vertical tick at the right end labeled '0,05mm'.

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía

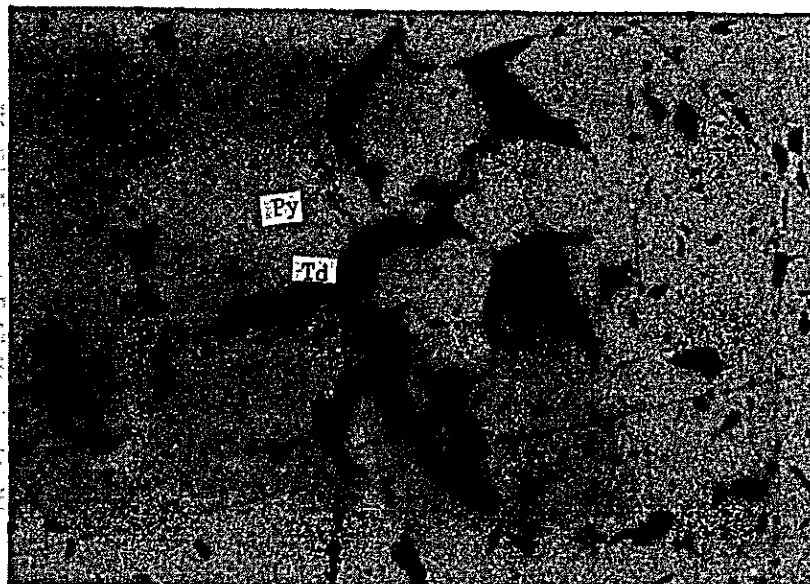
2-4

o Tetrahedrita en pirita



0 0,2mm

o Amplificación de la fotografía arriba

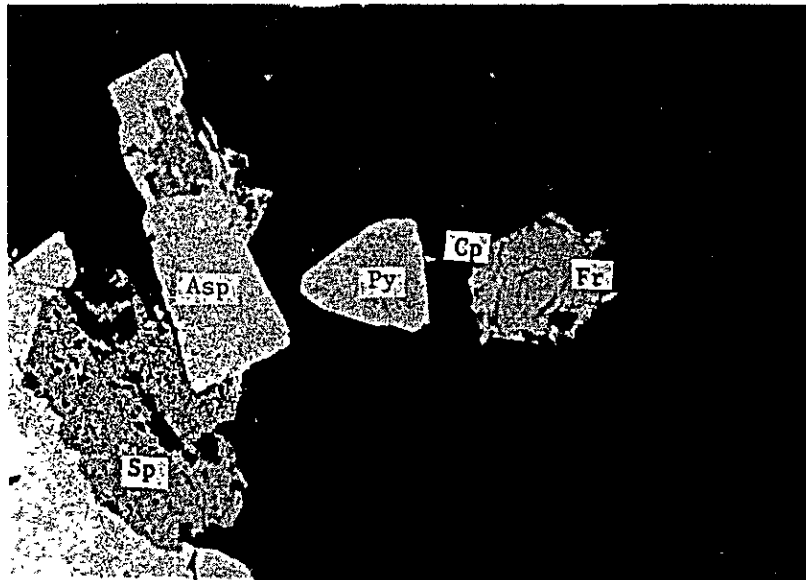


0 0,05mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

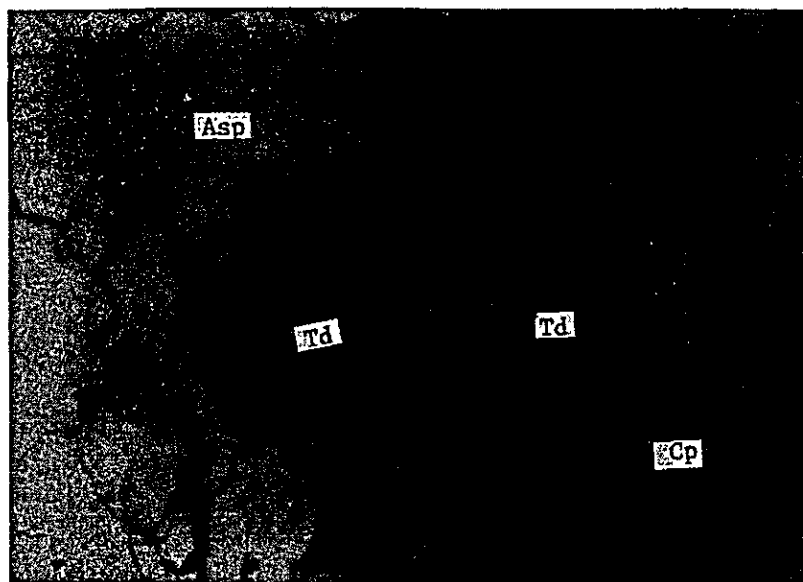
Fotografía
2-5

o Freibergita coexistente con calcopirita



0 0,2mm

o Freibergita coexistente con calcopirita



0 0,1mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

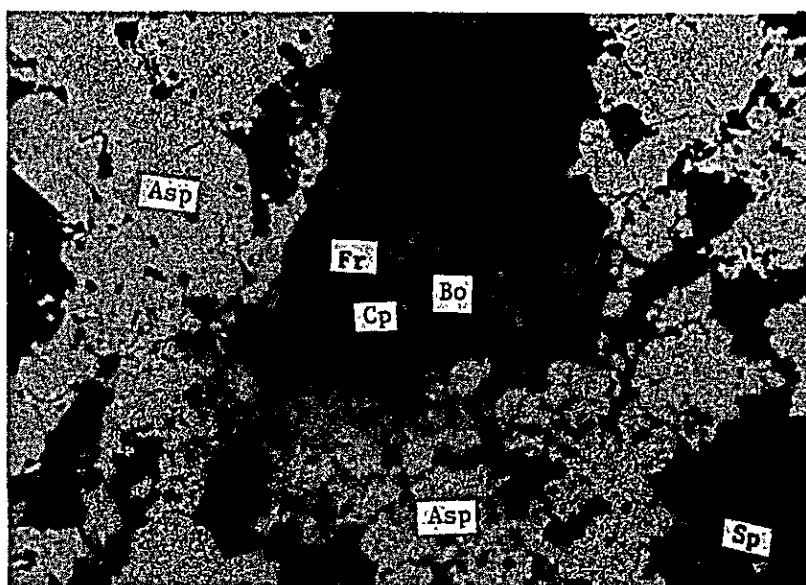
Fotografía
2-6

o Boulangerita coexistente con arsenopirita y galena



0 0,2mm

o Freibergita coexistente con bournouita y calcopirita

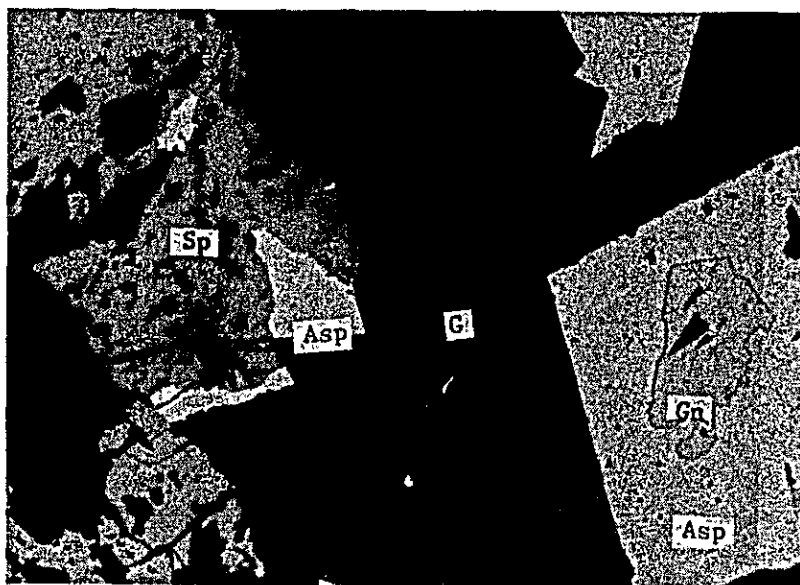


0 0,2mm

Fotografía microscópica (por rayo reflector)

Fotografía
2-7

o Coexistencia con minerales sulfuros

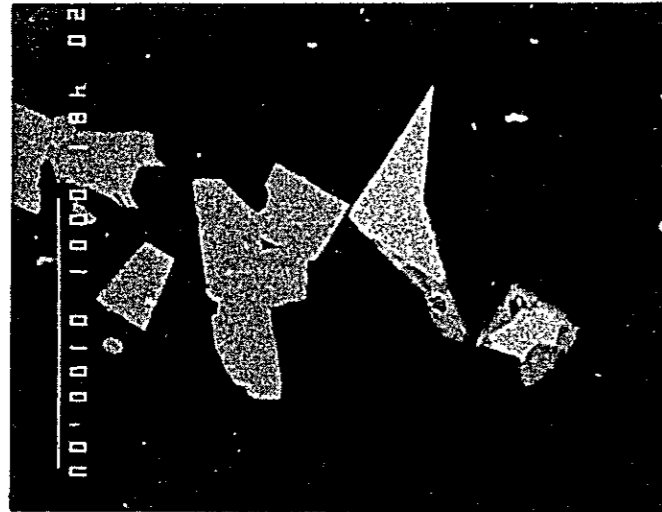


0 0,2mm

Results of EPMA

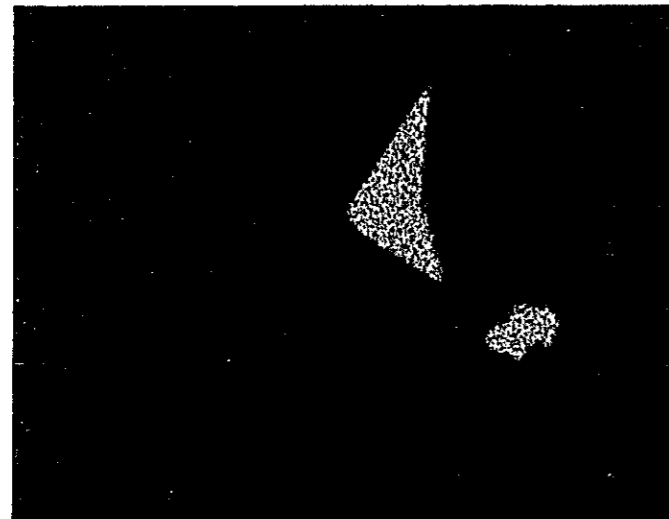
Sample Diamante Ore

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	005 μ A
Magnification	\times 480

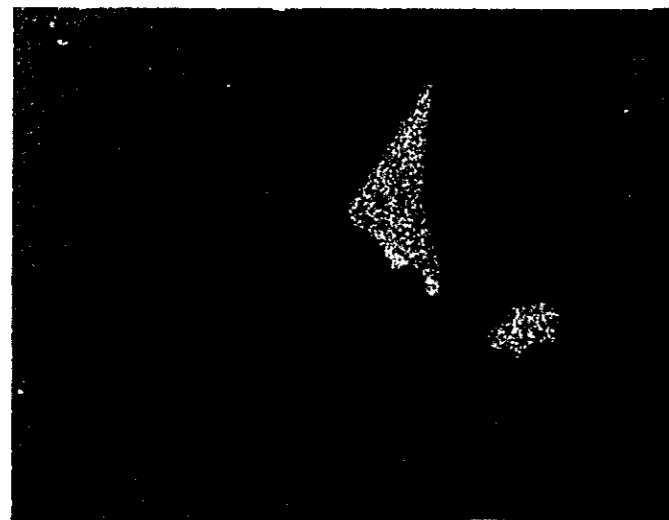


Electrum AuAg
 Chalcopyrite CuFeS_2
 Arsenopyrite FeAsS
 Shalerite ZnS

Image of scanning



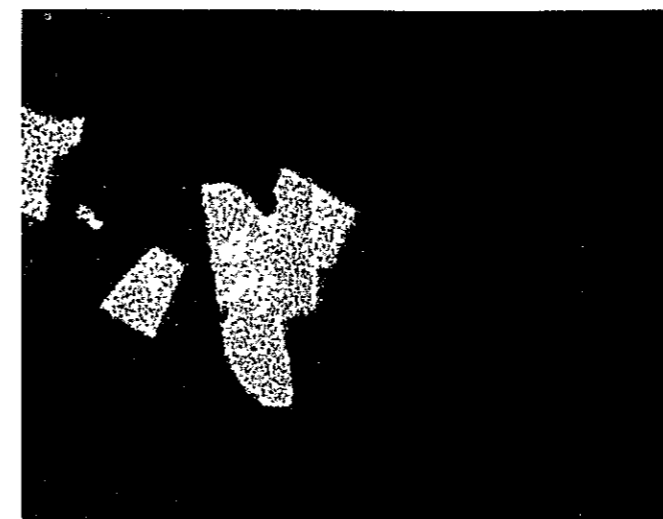
Au X-Ray Image



Ag X-Ray Image



Cu X-Ray Image



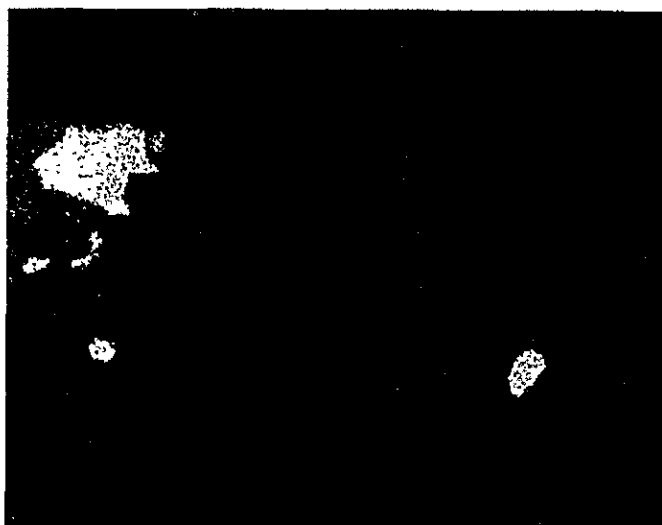
As X-Ray Image



Fe X-ray Image



S X-Ray Image

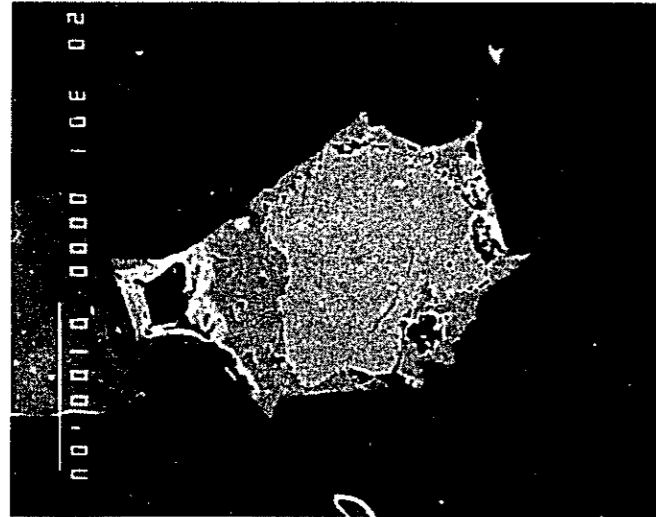


Zn X-ray Image

Results of EPMA

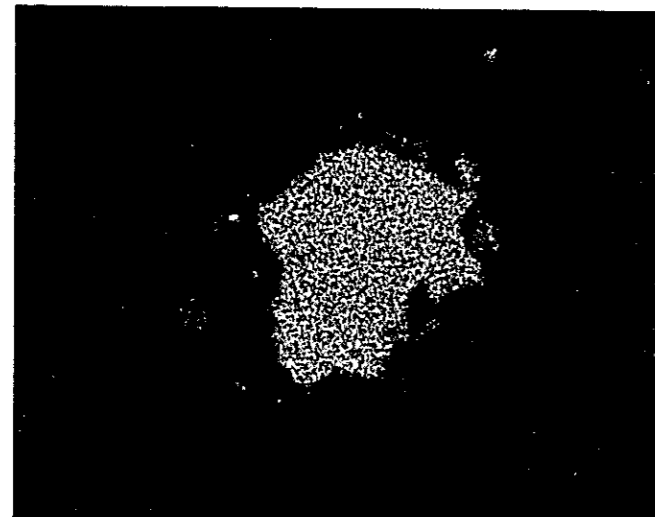
Sample Diamante Ore

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	005 μ A
Magnification	$\times 300$

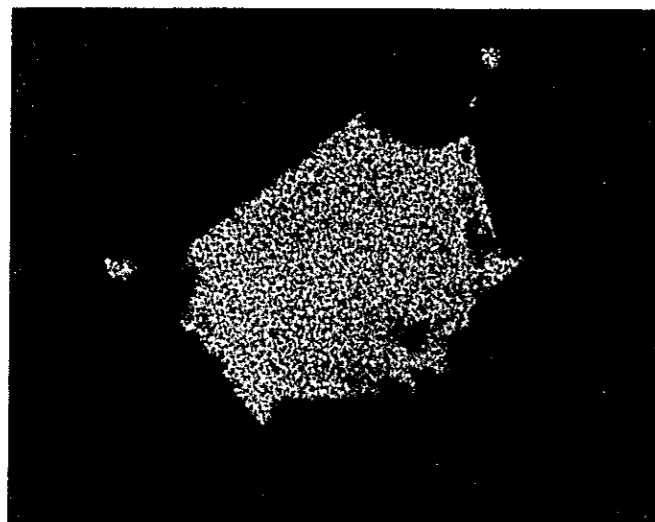


Freibergite $5(\text{CuAg})_2\text{S} \cdot 2(\text{CuFe})\text{S} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$
 Chalcopyrite CuFeS_2
 Pyrite FeS_2

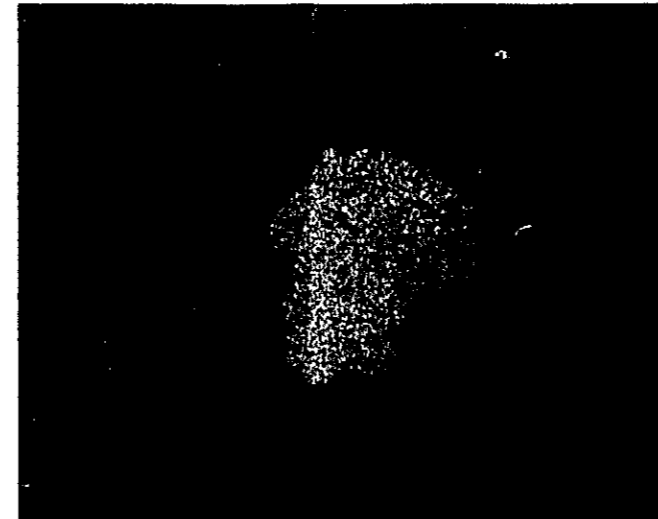
Image of scanning



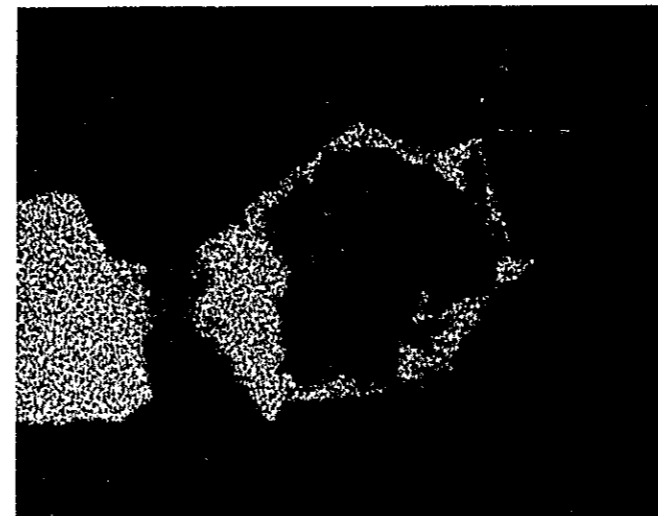
Ag X-Ray Image



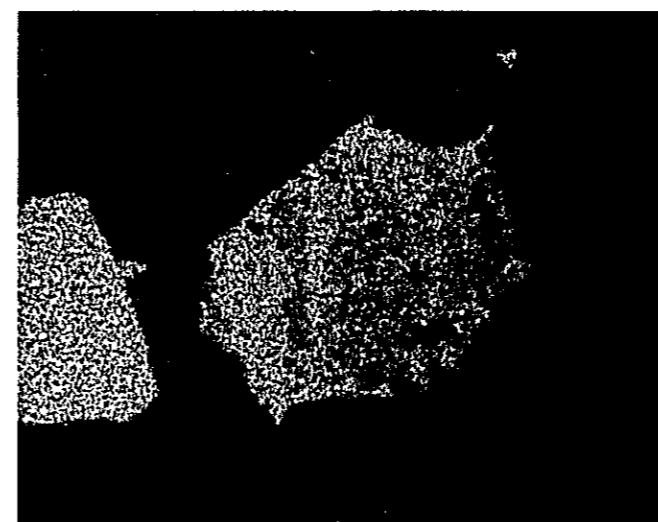
Cu X-Ray Image



Sb X-Ray Image



Fe X-ray Image

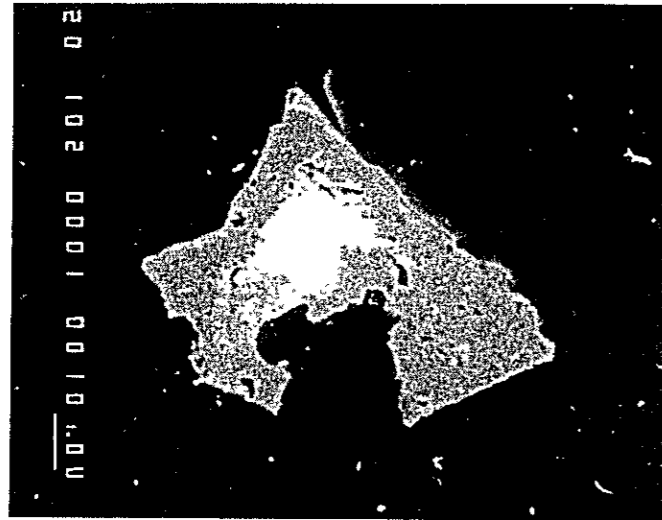


S X-Ray Image

Results of EPMA

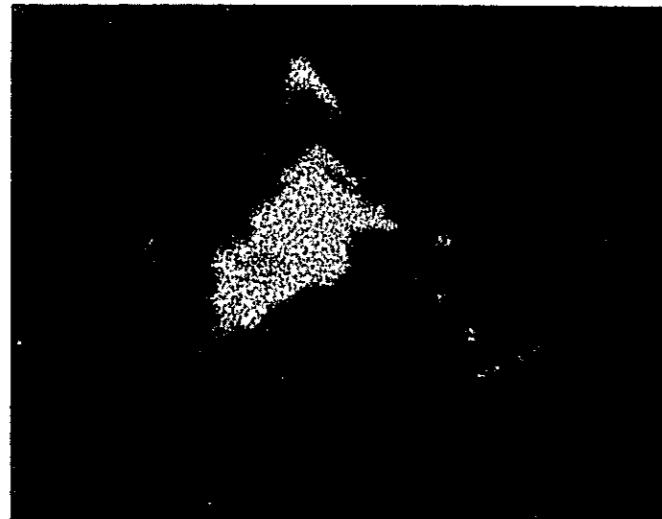
Sample Diamante Ore

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	0.05 μ A
Magnification	$\times 1000$

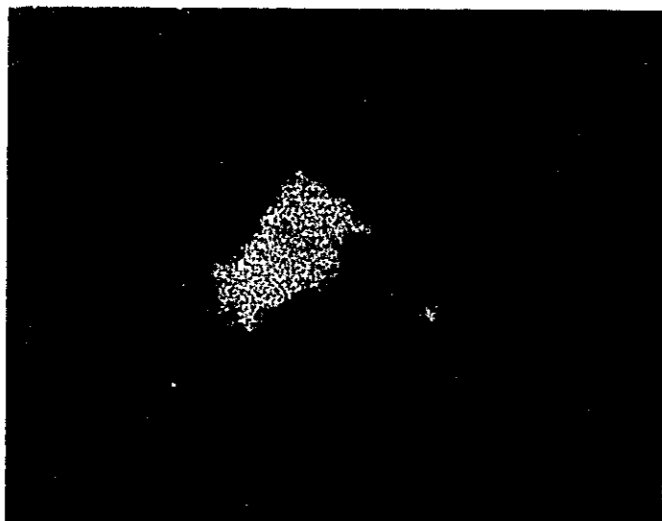


Pyragyrite $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$
Chalcopyrite $CuFeS_2$

Image of scanning



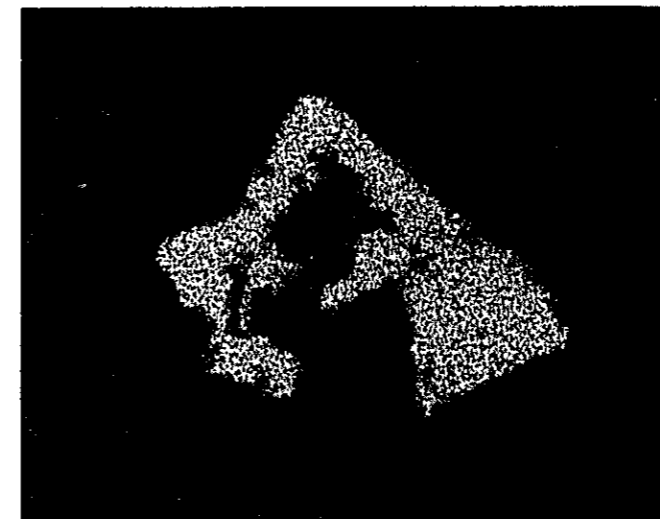
Ag X-Ray Image



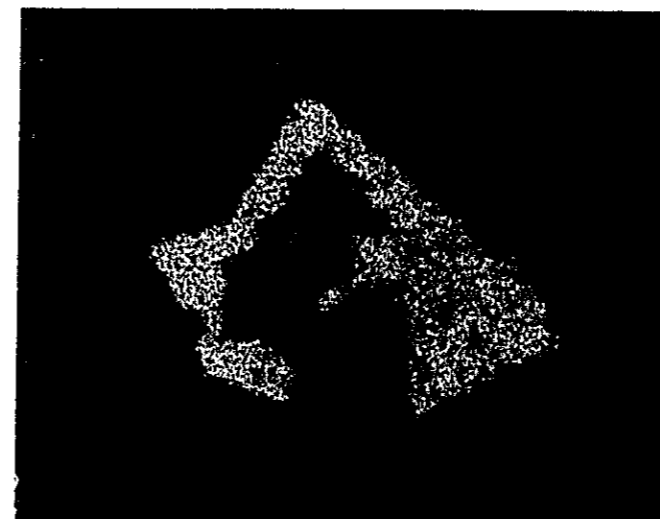
Sb X-Ray Image



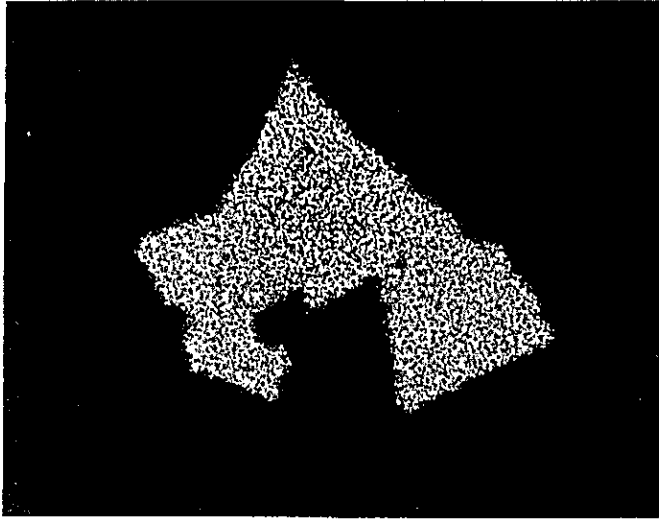
As X-Ray Image



Cu X-Ray Image



Fe X-ray Image

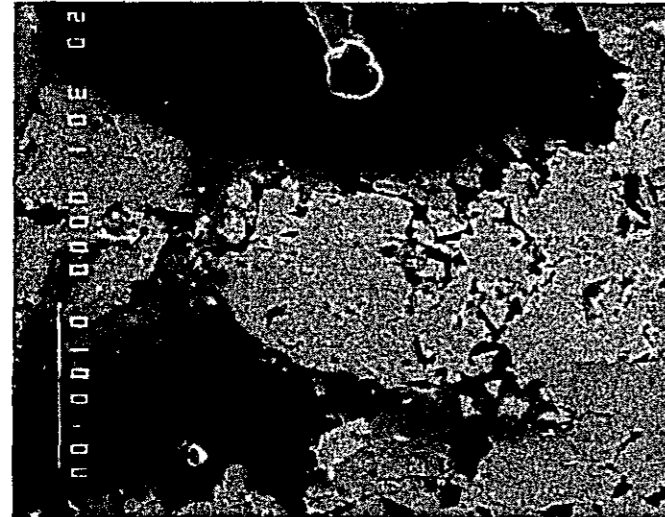


S X-Ray Image

Sample Diamante Ore

Results of EPMA

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	0.05 μ A
Magnification	$\times 300$

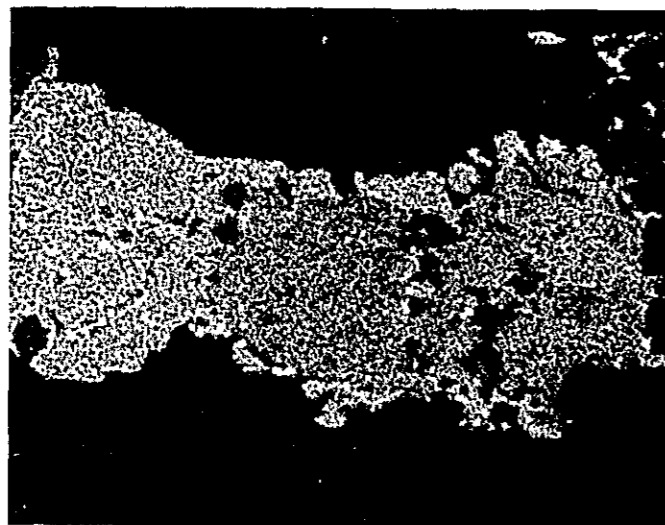


Freibergite $5(\text{CuAg})_2\text{S} \cdot 2(\text{CuFe})\text{S} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$
 Bournonite $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$
 Chalcopyrite CuFeS_2
 Arsenopyrite FeAsS

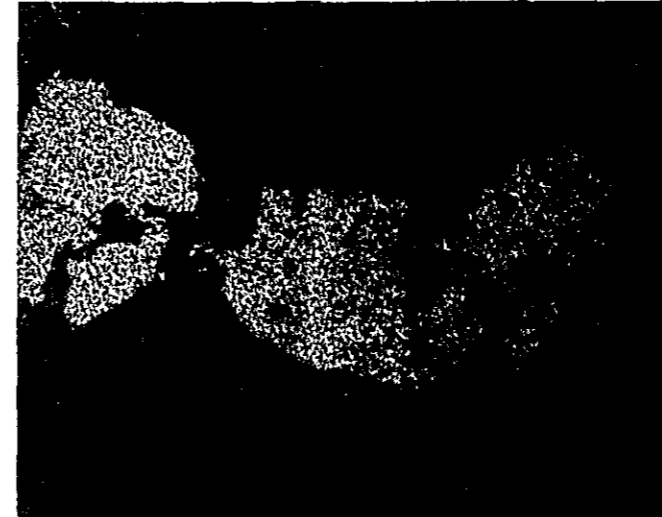
Image of scanning



Ag X-Ray Image



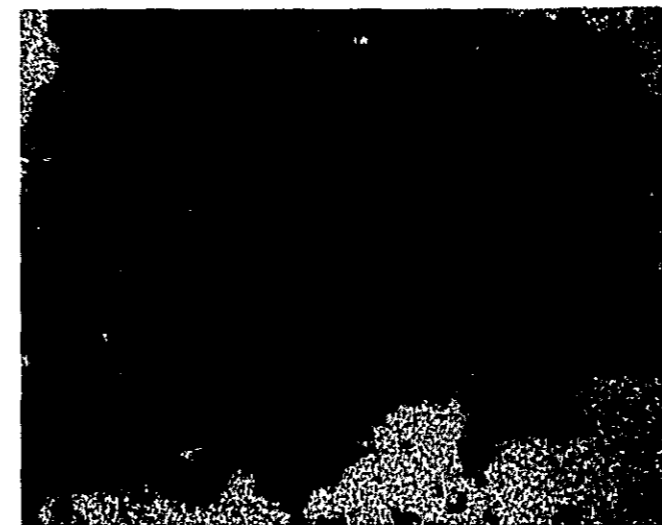
Cu X-Ray Image



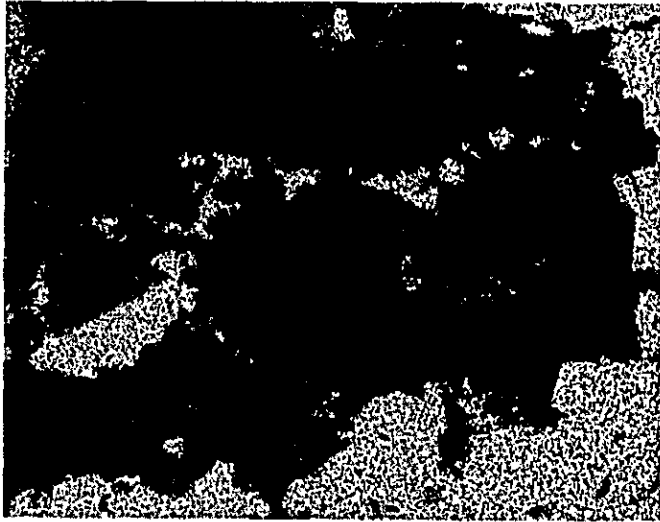
Sb X-Ray Image



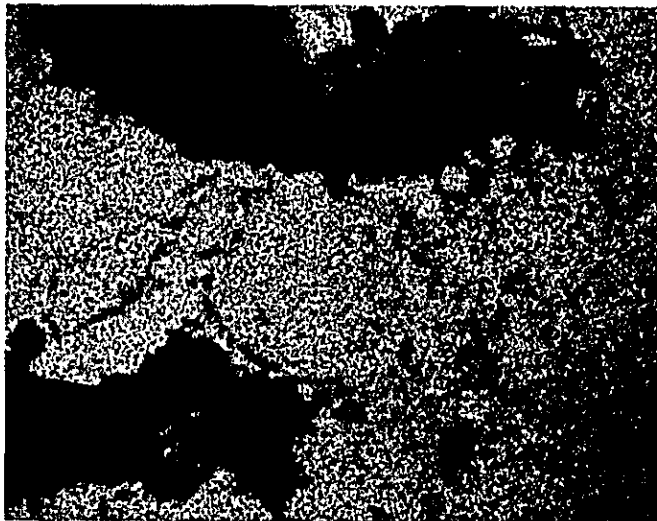
Pb X-Ray Image



As X-Ray Image



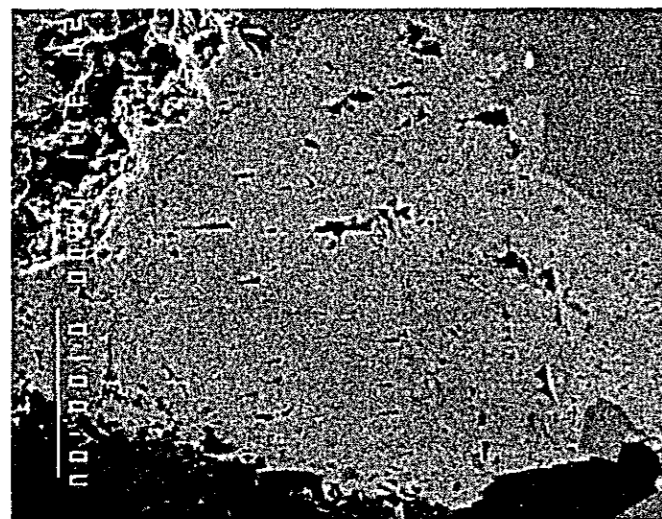
Fe X-ray Image



S X-Ray Image

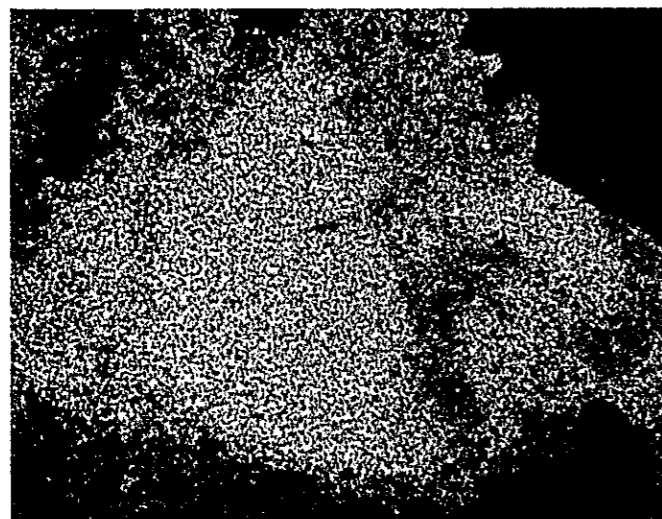
Sample Diamante Ore
Results of EPMA

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	005 μ A
Magnification	\times 300

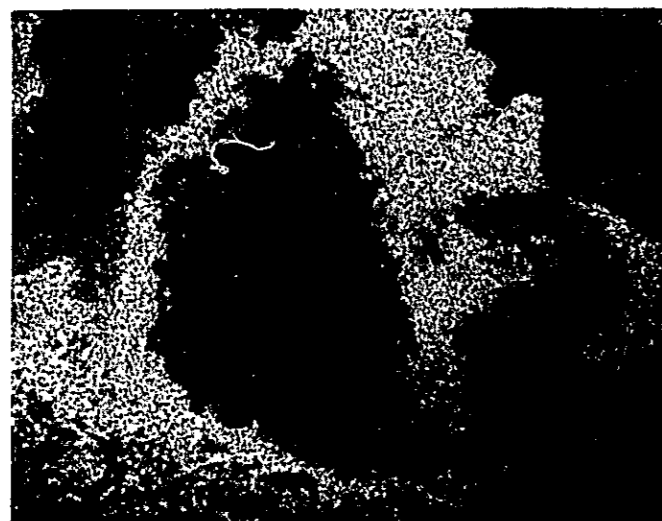


Boulangerite $5\text{PbS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$

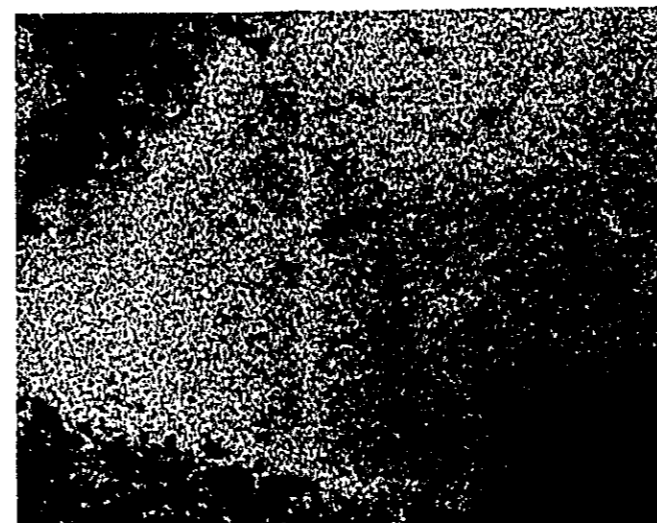
Image of scanning



Pb X-Ray Image



Sb X-Ray Image

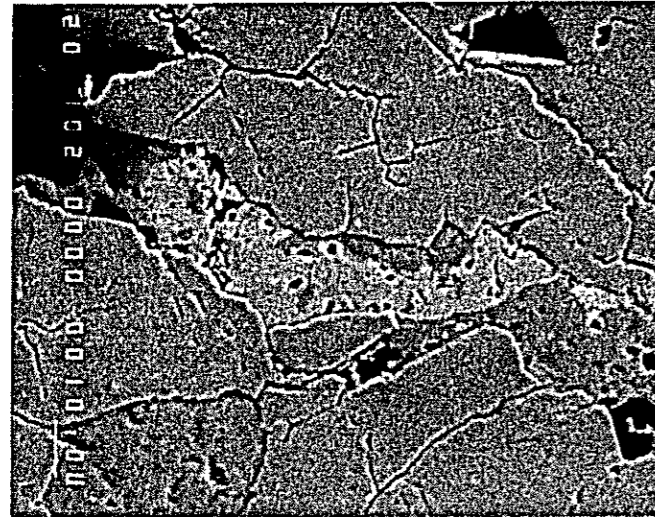


S X-Ray Image

Results of EPMA

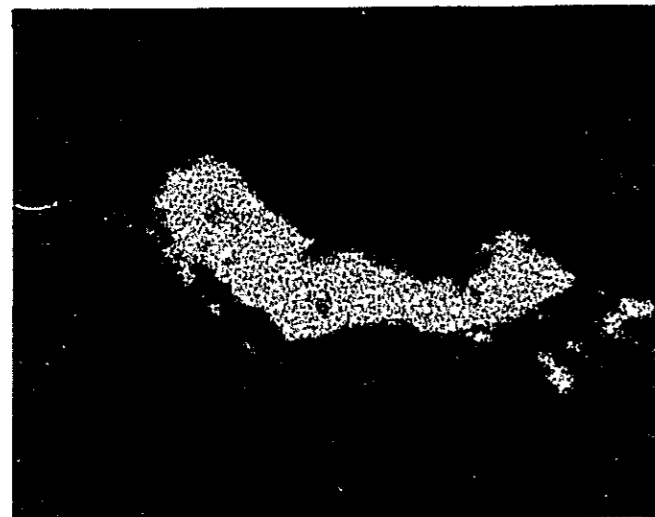
Sample Diamante Ore

Accelerating Voltage	20 KV
Absorbed Electron Current	005 μ A
Magnification	\times 1000



Pyragyrite $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$

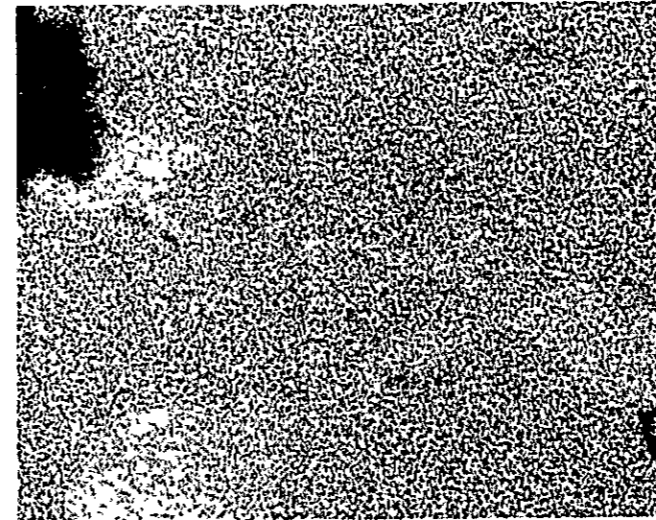
Image of scanning



Ag X-Ray Image



Sb X-Ray Image



S X-Ray Image

2.2.5 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado en el ensayo se describe en la siguiente tabla.

FUNCION	NOMBRE	ESPECIFICACIONES
PREPARACION DE MUESTRA	Trituradora de Mandicula Trituradora de rodillos Trituradora cónica Criba Vibratoria Molino de Discos	125m/mL x 50m/mA 1.5kw 150 ~ 300 RPM 2.2kw 135m/mø - 420 RPM 1.5kw 500m/mø - 3000RPM 0.4kw Preparación de Muestras para análisis
IDENTIFICACION DE MINERALES	Cortadora de discos de diamante Pulidoras humeda Microscopio de reflexión Cámara Fotográfica	Para cortar minerales Para las tres etapas - húmedo Identificación de minerales
CARACTERISTICAS FISICAS	Medidor de Índice de Trabajo Medidor de gravedad específica Medidor de Velocidad de precipitación	Tipo Hardgrove Diclómetro
CONCENTRACION GRAVIMETRICA	Mesa Vibratoria Bandeja Vibratoria de concentración (Superpanner)	500m/mAncho x 1,000m/mL 0.4kw 300m/mA x 820m/mL
MOLIENDA FLOTACION	Molino de Bolas Celda de Flotación Celda de Flotación	150m/m x 180m/mL 0.1kw 150gr capacidad 200w 500gr capacidad 200w
TOSTACION DISOLUCION	Horno tipo tubular Agitador Eléctrico Agitador Eléctrico Agitador Magnético	normal 800°C 25kw 20 ~ 160 RPM 50 ~ 1200 RPM 5w 200 ~ 1200 RPM 5w
ANALISIS	Microanalizador de Rayos x Difractómetro de Rayos x Analizador de Rayos Fluorescentes Espectrofotómetro Horno de Ensayo al fuego Absorción Atómica Absorción Atómica Buretas	desde 1 hasta 50kv salida máxima 60kv - 200mA - 12kw salida máxima 60kw-80mA - 3kw Para análisis Normal 1200°C max.1300°C 30kw 1970Å ~ 9000Å lámpara con Hidrógeno pesado 1900Å ~ 9000Å 50ml para titulación

Fotografía
2-14

o Pulimento de muestras



o Identificación de minerales por microscopio



Fotografía
2-15

o Ensayo de molienda y flotación

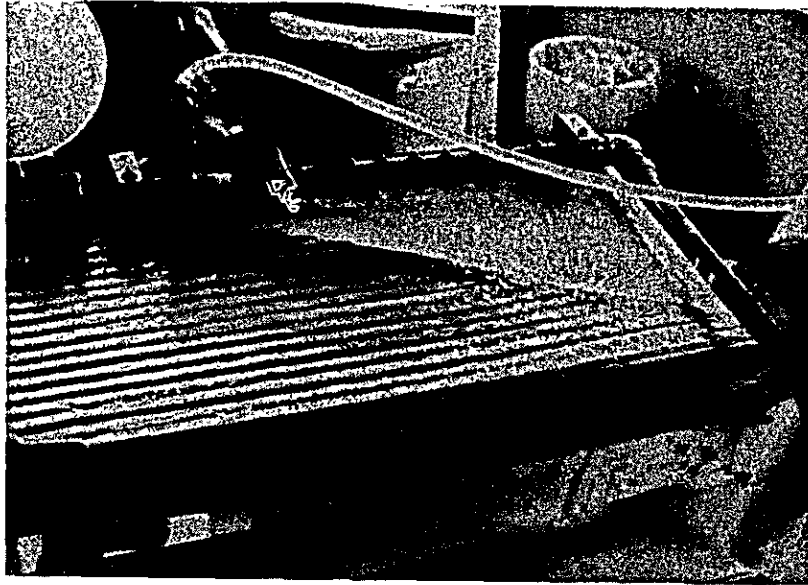


o Ensayo de flotación



Fotografía
2-16

o Ensayo de separación gravimétrica



o Ensayo de tostación



Fotografía
2-17

o Ensayo de cianuración



o Análisis de absorción atómica

