

CATALOGADO

24733

Informe 137

**ESTUDIO DE CONCENTRACION DE LOS TACURU DE MISIONES
POR SEPARACION MAGNETICA DE ALTA INTENSIDAD EN
HUMEDO Y FLOCULACION DIFERENCIAL**

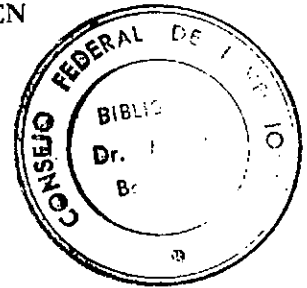
Por:

Julio César VIDELA

Mario ZULETA

Carlos Guillermo RUDOLPH

José MATAR



Colaboraron:

Estudios Mineralógicos:

Felipe Nelson SAAVEDRA

Oscar Eduardo QUISPE

Estudios de beneficio:

Miguel Elio ORELLANO

Luis Ventura GUTIERREZ

Análisis Químicos:

Alfredo RUSSO

Socorro Lucero de CUCURULL

Elaboración del Informe:

María Alicia SEDAN

Oscar Eduardo MUÑOZ

0
H. 22231
S 11 J 32

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Rector Sustituto: C.P.N. ROBERTO LOPEZ ARAGON

Secretario de Investigaciones: Ing. MARIO FEDERICO PICON

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Decano: Dr. JORGE CARLOS OLIVERI

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERAS

Director: CARLOS G. RUDOLPH

RESUMEN

En este informe se dan los resultados metalúrgicos obtenidos de aplicar la separación magnética de alta intensidad en húmedo y floculación selectiva en la concentración de menas de tacurú de las zonas de Santa Inés, Concepción de la Sierra y Montecarlo, provincia de Misiones.

Los estudios de concentración se apoyaron en estudios químicos, espectrográficos y mineralógicos de las muestras y productos de la concentración.

CONCLUSIONES

Ninguna de las muestras estudiadas ha respondido a la concentración, empleando la separación magnética de alta intensidad en húmedo y la floculación diferencial como procesos de beneficio. En todos los casos se ha puesto en evidencia que la íntima asociación entre minerales de hierro y ganga es la causante de este problema.

En las condiciones actuales de la tecnología de la concentración mecánica de minerales de hierro no existen procesos industriales que puedan aplicarse económicamente a este tipo de mena.

1. Introducción.

El presente estudio se realiza dentro del / marco del convenio de cooperación técnica celebrado entre el Consejo Federal de Inversiones y la Universidad Nacional de San Juan.

Los temas investigados en él son la concentración de los tacurú de varias zonas de la provincia de Misiones, empleando separación magnética de alta intensidad en húmedo y floculación diferencial.

Los detalles del estudio se especificaron en el plan de trabajo N°2 y su ampliación.

2. Antecedentes.

En 1966 la empresa Sofremines-IRSID de Francia efectuó por convenio con el Consejo Federal de Inversiones un estudio de concentración sobre muestras representativas de la zona. Se realizaron ensayos de separación densimétrica para varias fracciones granulométricas con el empleo de líquidos pesados, y ensayos de separación magnética de baja intensidad en húmedo previa tostación reductora. Se efectuaron análisis químicos y mineralógicos detallados de las muestras bajo estudio y de los productos de los ensayos de concentración.

Los resultados metalúrgicos alcanzados demostraron la no aplicabilidad de los métodos de beneficio ensayados.

Verbalmente se informó que en 1974 se efec-

tuó en Israel un ensayo muy preliminar de tostación reductora y concentración magnética. Al no disponer del informe no se abre juicio sobre el mismo.

3. Muestras.

En una visita realizada a la provincia de / Misiones en diciembre de 1978, técnicos de este Instituto del C.F.I. y de la Dirección Provincia de Minas y Geología, discutieron los criterios a emplear en la selección de áreas y extracción de muestras.

Los criterios adoptados se fundamentaron en:

1. Muestras representativas de áreas con volúmenes de cubicación importantes.
2. Muestras de pozos separadas por niveles de acuerdo a su apariencia física.

Las primeras son comunes de pozos de las / áreas más importantes de la provincia: Montecarlo, Santa Inés y Concepción de la Sierra, cuya ubicación puede apreciarse en la Figura 1.

Las otras muestras provienen de diferentes niveles de pozos de cada una de las áreas mencionadas.

La extracción de las muestras estuvo a cargo de los técnicos de la Dirección Provincial de Minas y Geología de Misiones. En la tabla 1 se dan las características de las muestras extraídas.

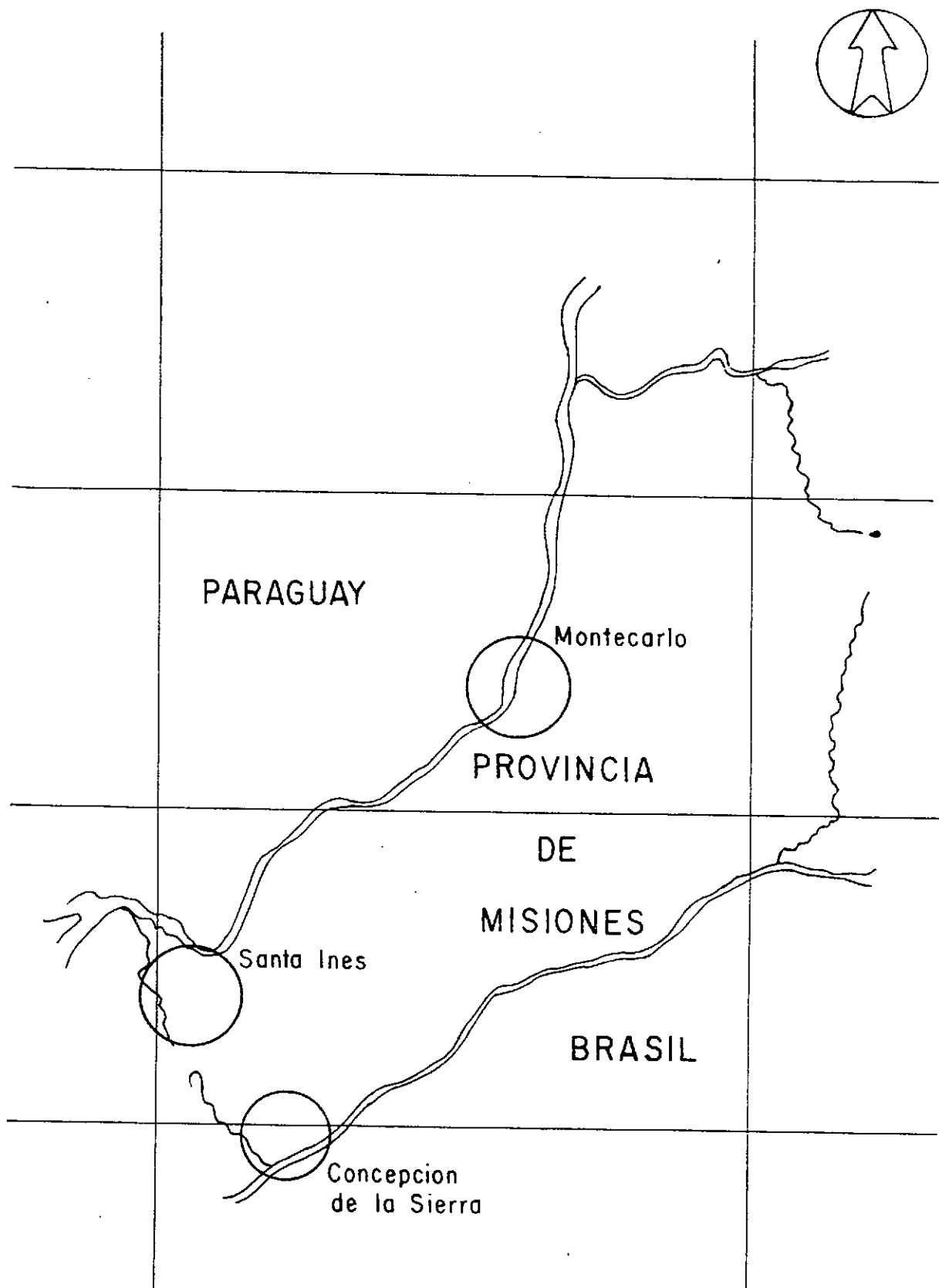


FIGURA 1. Ubicación de las áreas de donde provienen las muestras de tacurú estudiadas.

3.1. Descripción macroscópica.

En base al estado de agregación de los componentes es posible diferenciar dos tipos de muestras.

Las primeras, han sido tomadas de horizontes superficiales y están constituidas en su mayor parte de material terroso y restos de raíces en los que aparecen / mezclados terrones de 30 a 40 mm formados por nódulos ricos en hierro, cementados y que se rompen con relativa facilidad.

El segundo tipo, comprende las muestras provenientes de los horizontes subsuperficiales y las muestras comunes de las zonas. Está compuesto por trozos de / hasta 350 mm de color amarillento a pardo rojizo en los que se observan nódulos o pisolitos de goethita cementados por un material arcilloso limonítico. Las muestras se diferencian entre sí por el grado de consolidación y no por la textura. En las figuras 2, 3 y 4 se dan las macrofotografías tomadas de cortes preparados de trozos provenientes de las muestras de Santa Inés, Concepción de la Sierra y Montecarlo.

TABLA N°1. Identificación y características de las muestras recibidas.

Zona	I D E N T I F I C A C I O N				Estado de Aglomeración
	Origen	Profundidad	Peso Kg	Color	
Montecarlo	Común de la zona	-	50,0	Amarillo pardo	No se aprecia. Muestra triturada.
	Procedente de un solo pozo, número no especificado en el remito de la muestra.	0,10 a 0,30m	20,0		Material terroso con nódulos deleznales sueitos y raíces.
		0,30 a 0,65m	20,0	Aglomerado consistente	
		0,65 a 0,95m	19,0	Aglomerado deleznable con fácil separación de nódulos.	
Concepción de la Sierra	Común de la zona	-	66,0	Amarillo	No se aprecia. Muestra triturada.
	Cuerpo 47	0,00 a 0,55m	22,0	pardo rojizo	Aglomerado consistentes
		0,55 a 1,10m	19,5	claro	Aglomerado deleznable con fácil separación de nódulos y presencia de finos.
Santa Inés	Común de la zona	--	55,0	Amarillo pardo	No se aprecia. Muestra triturada.
	Procedente de un solo pozo número no especificado en el remito de la muestra.	0,10 a 0,40m*	20,0	rojizo oscuro	Aglomerado consistente.
		0,40 a 0,70m	18,8	Aglomerado deleznable con fácil separación de nódulos y presencia de finos.	

(*) Muestra compuesta por dos trozos de 300 mm.-

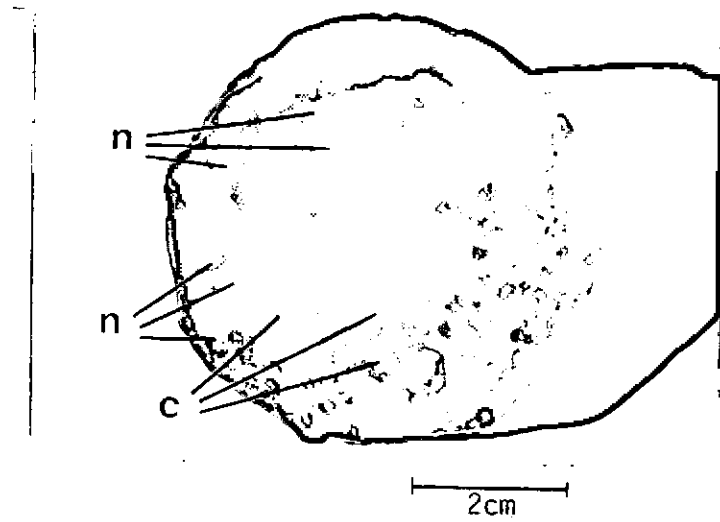


Fig.2. Muestra de Santa Inés
 Profundidad: 0,10 a 0,40 m.
 n = nódulos
 c = cemento

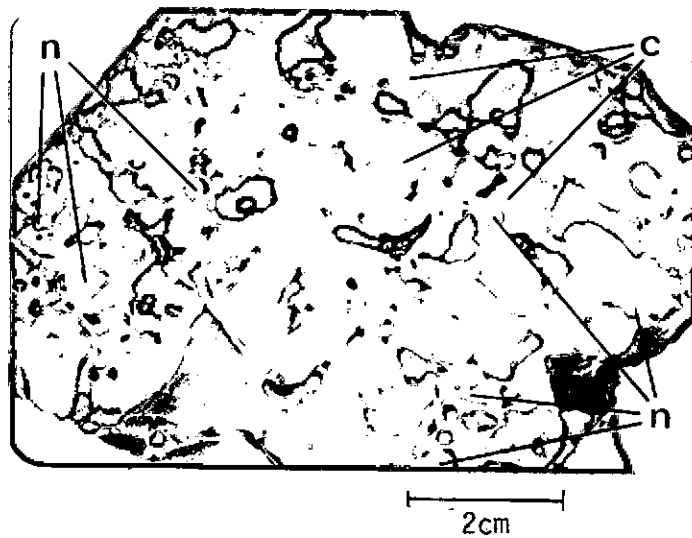


Fig.3. Muestra de Concepción de la Sierra
 Profundidad: 0,00 a 0,55
 n = nódulos
 c = cemento

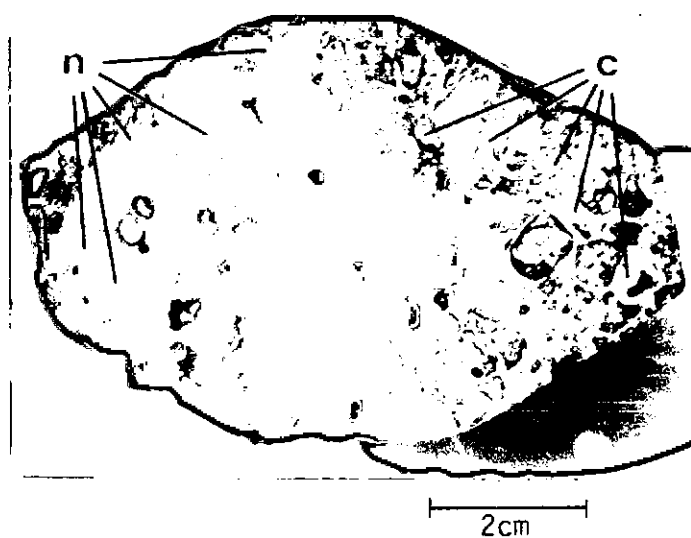


Fig.4. Muestra de Montecarlo
Profundidad: 0,30 - 0,65 m

n = nódulos

c = cemento

3.2. Descripción mineralógica.

El estudio microscópico por reflexión y / por transparencia muestra que los nódulos están formados por goethita con inclusiones de cuarzo de tamaños variables entre 10 y 70 micrones, predominando los intermedios y observándose en muchos casos, en los núcleos una mezcla de minerales con textura y composición similar al material que los une; también presentan inclusiones de hematita, magnetita, ilmenita y leucoxeno (Ver microfotografías de figuras 5 y 6).

El material que une los nódulos está formado por una matriz donde predomina el cuarzo con tamaños de / granos variables entre 10 y 70 micrones, acompañado por goethita, magnetita, ilmenita, hidrargilita, clorita y posiblemente lepidocrosita, caolinita y leucoxeno, incluidos en un cemento silíceo alumino ferruginoso microcristalino, con partículas menores de 10 micrones, y geles posiblemente de hidróxidos de hierro, aluminio y titanio. En las microfotografías de las figuras 7, 8, 9 y 10 se muestra el aspecto del cemento.

La confirmación e identificación de las especies mineralógicas presentes tanto en los nódulos como en la matriz y cemento, se realizó mediante difracción de Rayos X y análisis químico.

En la tabla 2 se da la composición mineralógica estimada, por cuenta de puntos, para los comunes de las muestras de cada una de las zonas.

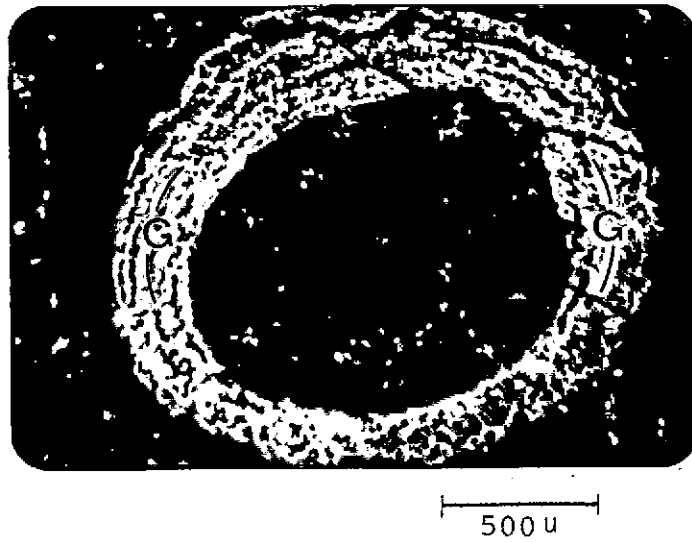


Fig.5. Nódulo de goethita encerrando un material microcristalino de composición similar al cemento. Común Santa Inés.
Nicoles paralelos.
G= goethita

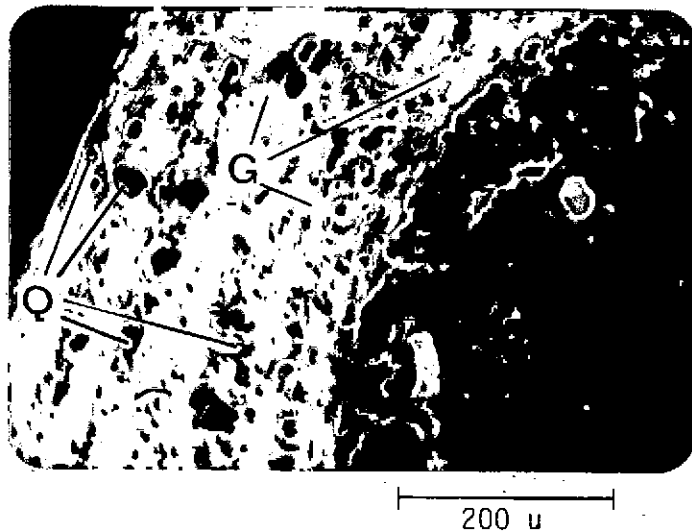


Fig.6 Nódulo de goethita mostrando las inclusiones de cuarzo y el material microcristalino del centro del núcleo.
Común de Santa Inés. Nicoles paralelos
G= goethita Q=cuarzo

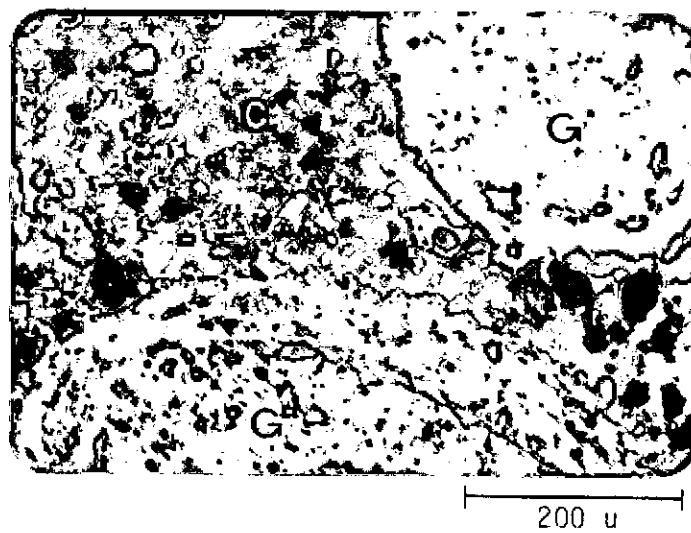


Fig.7 Nódulos de Goethita unidos por cemento.
 Común de Concepción de la Sierra.
 Nicoles paralelos.
 G= goethita
 c= cemento

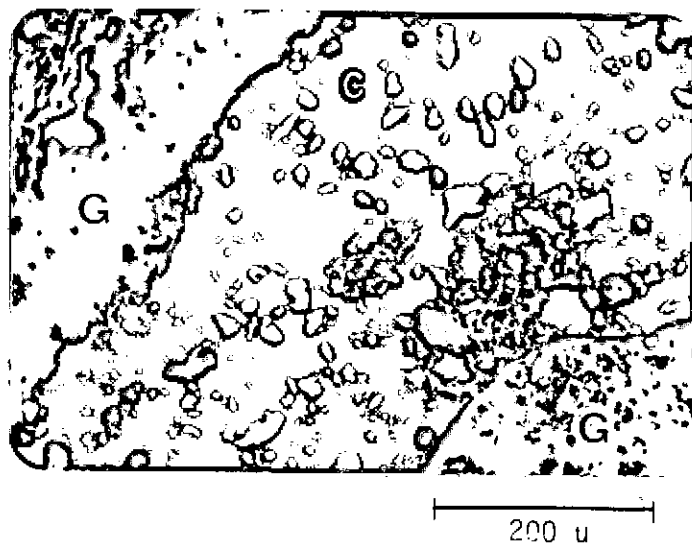


Fig.8 Nódulos de Goethita unidos por cemento.
 Común Montecarlo
 Nicoles paralelos
 G= goethita
 c= cemento

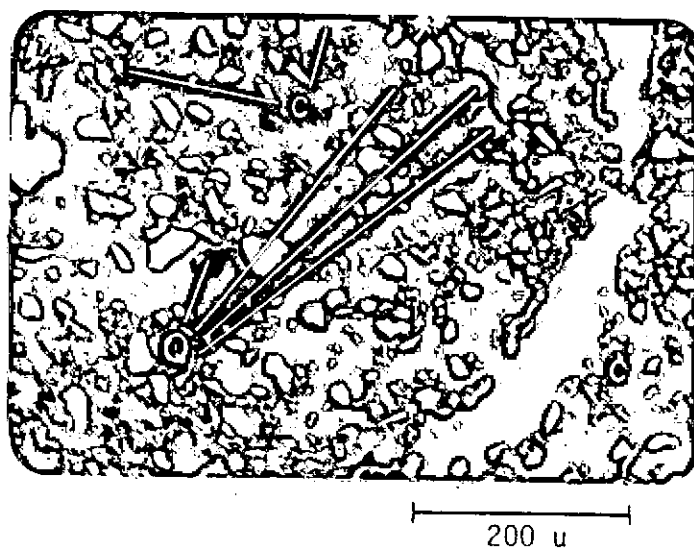


Fig.9 Matriz microcristalina de cuarzo en cemento silíceo alumino ferruginoso que sirve de unión a los nódulos.

Común de Montecarlo

Nicoles paralelos

Q= cuarzo c= cemento

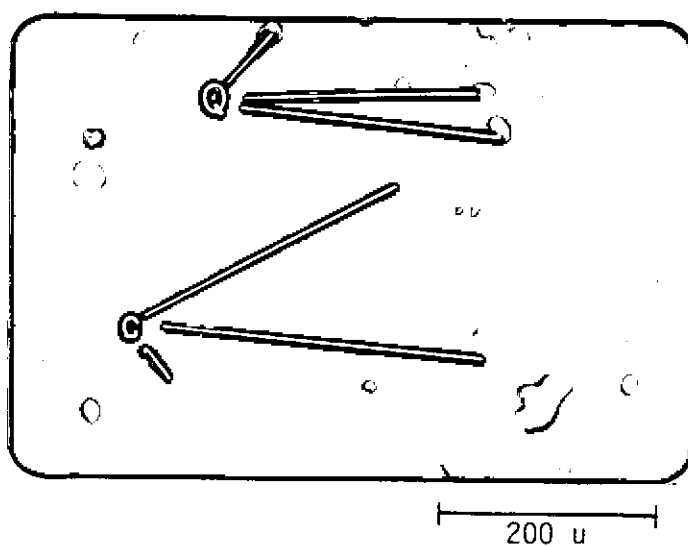


Fig.10 Matriz microcristalina de cuarzo en cemento silíceo alumino ferruginoso que sirve de unión a los nódulos.

Común Montecarlo

Nicoles cruzados.

Q= cuarzo c= cemento

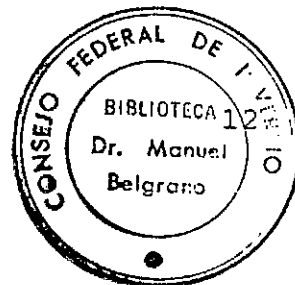


TABLA N°2. Composición mineralógica cuantitativa estimada para los comunes de las muestras de las zonas de Santa Inés, Concepción de la Sierra y Montecarlo.

Componentes Muestras	Cuarzo %	Goethita %	Hematita %	Magnetita Ilmenita %	Matriz- cemento %
Santa Inés	17	28	2	3	50
Concepción de la Sierra	12	50	3	5	30
Montecarlo	15	38	3	4	40

En la columna matriz-cemento se estima la presencia de 15% de goethita y 50% de cuarzo y material silíceo, el resto corresponde a los minerales ya descritos, incluidos los inferiores a 10 micrones.

En la tabla 3 se da la distribución en peso de los nódulos y del material cementante en los comunes de tres muestras y en la tabla 4 la composición cuantitativa estimada de los nódulos.

TABLA N°3. Distribución porcentual en peso de nódulos y cemento en las muestras comunes de Santa Inés Concepción de la Sierra y Montecarlo.

	Santa Inés	Concepción de la Sierra	Montecarlo
Nódulos	50	70	60
Matriz-cemento	50	30	40

TABLA N°4. Composición mineralógica de los nódulos de las muestras comunes de las zonas de Santa Inés, Concepción de la Sierra y Montecarlo.

Componente Muestra	Cuarzo Otros* %	Goethita %	Hematita %	Magnetita Ilmenita %
Santa Inés	34	56	4	6
Concepción de la Sierra	18	71	4	7
Montecarlo	25	63	5	7

(*)Otros:Material de textura y composición similar al cemento que une los nódulos.

En las figuras 11 y 12 se ilustran difractogramas típicos de nódulos y material cementante de una de las muestras estudiadas. Los difactogramas de las muestras difieren tan sólo en la intensidad de los picos y no por las especies minerales presentes.

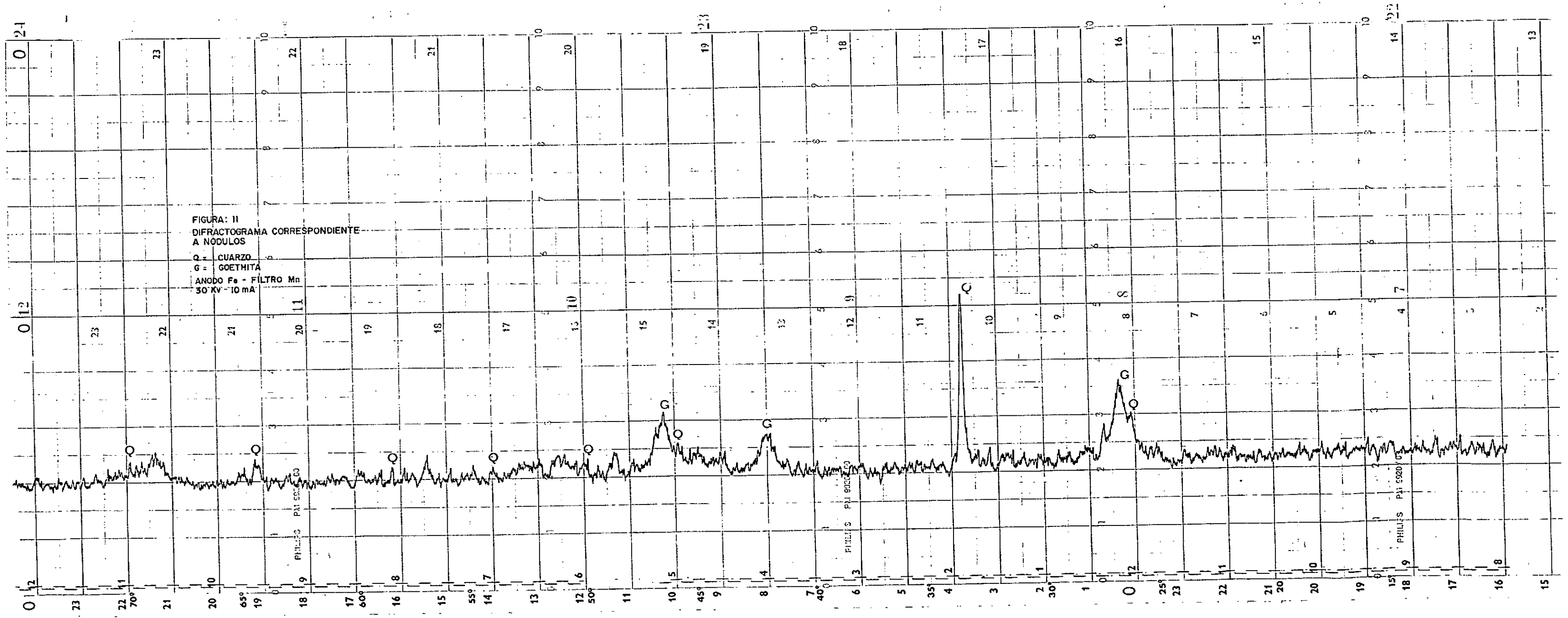
No se incluyen en éste informe los difractogramas realizados sobre muestras seleccionadas de distintas partes de los pisolitos y material cementante con el fin de identificar los minerales presentes.

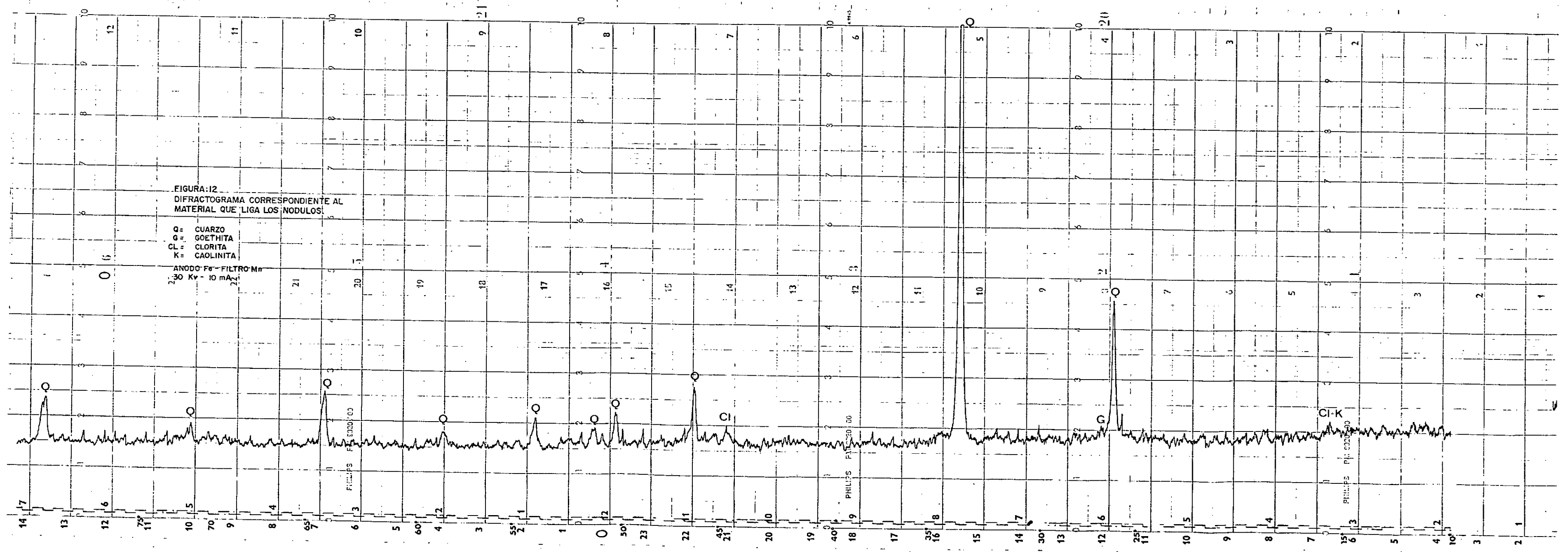
3.3. Análisis químico de las muestras.

En la tabla 5 se dan los análisis químicos de las muestras.

TABLA N°5. Análisis químico de las muestras.

M U E S T R A		L E Y E S										(%)	P.P.C.
Procedencia	Denominación	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P		
Montecarlo	Común	32,7	32,0	6,6	3,0	0,30	0,74	1,11	0,20	0,040	0,033		9,7
	0,10 - 0,30 m	30,8	32,7	7,4	3,2	0,37	0,79	1,29	0,23	0,036	0,042		9,4
	0,30 - 0,65 m	37,7	27,3	7,1	2,9	0,31	0,71	1,12	0,18	0,039	0,037		7,1
	0,65 - 0,95 m	29,2	35,4	8,1	2,6	0,25	0,81	1,24	0,18	0,037	0,037		8,8
Concepción de la Sierra	Común	39,5	23,5	6,9	3,1	0,31	0,71	1,13	0,19	0,037	0,030		7,9
	0,00 - 0,55 m	43,2	19,1	6,9	3,1	0,27	0,68	1,04	0,18	0,037	0,037		7,1
	0,55 - 1,10 m	36,9	26,5	7,1	3,6	0,29	0,75	1,14	0,19	0,040	0,038		7,5
Santa Inés	Común	25,5	36,7	11,6	2,4	0,33	0,70	1,10	0,21	0,031	0,039		10,5
	0,10 - 0,40 m	34,9	30,7	6,8	2,5	0,31	0,69	1,02	0,19	0,029	0,036		7,7
	0,40 - 0,70 m	33,3	37,7	6,7	2,3	0,29	0,69	1,03	0,18	0,030	0,037		8,3





4. Ensayos de concentración magnética de alta intensidad en húmedo.

4.1. Desarrollo de un esquema básico de beneficio.

En vista de los resultados del estudio mineralógico, por el que se determinó que para las distintas muestras bajo estudio, no existen diferencias fundamentales entre las especies minerales, sus asociaciones y el grado de liberación, se seleccionó el común de Santa Inés para desarrollar un esquema tipo de beneficio por concentración magnética de alta intensidad en húmedo. Dicho esquema será aplicado sin variantes al resto de las muestras.

4.1.1. Preparación de la muestra.

El mineral del común de Santa Inés se trituró por etapas a -8 mallas utilizando una trituradora de mandíbulas y un molino de rollos. Este producto constituye la alimentación para todos los ensayos de concentración que se efectúan en el curso de este estudio.

En la tabla 6 se da el análisis químico y granulométrico del producto triturado.

TABLA N°6. Análisis granulométrico y químico del común de Santa Inés triturado a -8 mallas.

Clase granulométrica mallas IRAM	Peso directo retenido (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
- 8 + 16	11,1	28,4	12,8
- 16 + 20	27,2	25,1	27,5
- 20 + 50	31,2	27,3	34,4
- 50 + 70	5,9	23,3	5,6
- 70 + 100	4,5	23,0	4,2
- 100 + 140	3,7	23,6	3,5
- 140 + 200	3,2	22,2	2,8
- 200	13,2	17,3	9,2

4.1.2. Ensayos de concentración magnética de alta intensidad en húmedo sobre el mineral molido.

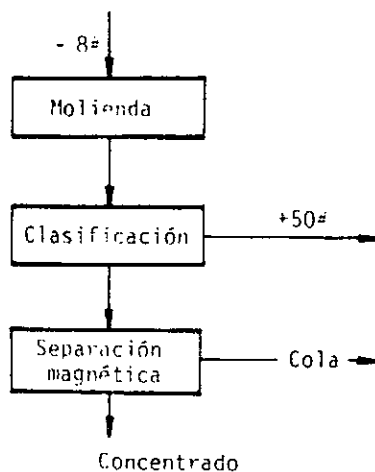
En la tabla 7 se dan las condiciones de trabajo y los resultados de un ensayo de concentración efectuado sobre el común de Santa Inés, molido en molino de barras al tamaño de ensayo recomendado para el separador magnético.

La prueba se efectuó en un equipo de laboratorio marca Stearns Rogers Inc. Modelo Mini-Jones.

En la tabla 8 se da el análisis granulométrico y químico del producto molido.

TABLA N°7. Ensayo de concentración magnética de alta intensidad en húmedo sobre el común de Santa Inés molido a -50#.

1. Esquema de ensayos.



2. Condiciones operatorias (Prueba N°23).

Mineral: Común de Santa Inés

2.1. Molienda

Molino de barras	11.096 Kg de barras
Peso de la muestra	1000 g
Volúmen de la muestra	700 cm ³
Tiempo	5 minutos

2.2. Separación magnética de alta intensidad en húmedo.

Cantidad de muestra	10 g
Volúmen de agua	400

3. Resultados.

Producto	Peso (%)		Ley en Fe (%)		Distribución del Fe (%)	
	Directo	Combinado	Directo	Combinado	Directo	Combinado
+ 50 #	4,6	62,3	33,9	29,6	6,5	76,6
Conc. magnético	57,7		29,2		70,1	
Cola	37,7		14,7		23,4	
Original	100,0		24,0 *		100,0	

(*) Calculado.

TABLA N°8. Análisis granulométrico y químico del común de Santa Inés molido en molino de barras, 5 minutos.

Clase granulométrica mallas IRAM	Peso directo retenido (%)	Ley Fe (%)	Distribución del Fe (%)
+ 50	5,4	35,4	7,6
- 50 + 70	6,9	29,9	8,2
- 70 + 100	9,7	30,6	11,8
- 100 + 140	5,7	33,3	7,6
- 140 + 200	13,8	26,2	14,4
- 200 + 325	12,0	23,5	11,2
- 325	46,5	21,1	39,2
TOTAL	100,0	25,1*	100,0

(*) Calculado.

Los resultados del ensayo son malos. El examen microscópico del concentrado reveló la presencia de hematita y de una cantidad importante de partículas de cemento y de goethita con inclusiones de cuarzo (Ver figura 13). Aun extremando la molienda hasta el rango de unos pocos micrones no se produciría una liberación adecuada de los óxidos de hierro del cemento ni del cuarzo incluido en la goethita.

Cualquier intento de repasar el concentrado en el separador magnético de alta intensidad en húmedo daría lugar / tan solo a un leve incremento de la ley del concentrado a costa de una drástica disminución en la recuperación.

El análisis mineralógico de las colas muestra que esta se componen de cuarzo libre y de una mayor / proporción de partículas de cemento y de goethita con más inclusiones de cuarzo que las presentes en el concentrado (Ver figura 14). También en este caso el tamaño de liberación está en el orden de los micrones no previéndose la posibilidad de poder producir por molienda una cola final pobre en hierro.

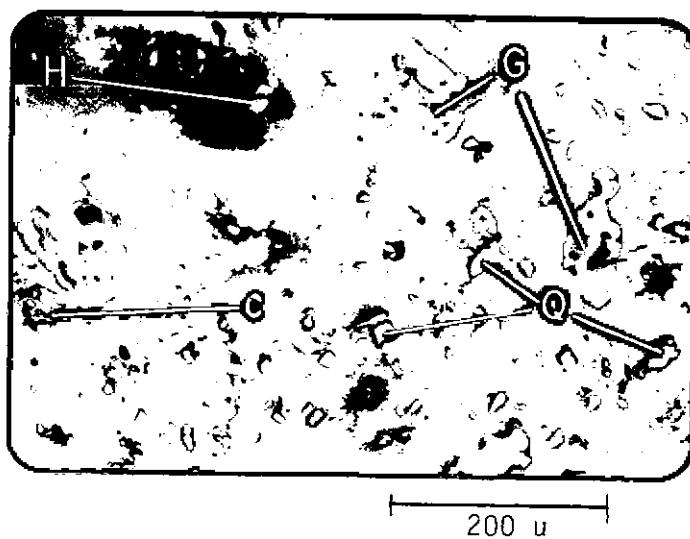


Fig.13 Concentrado magnético del Común de Santa Inés. Ensayo de tabla 7

G= goethita c= cemento
H= hematita Q= cuarzo

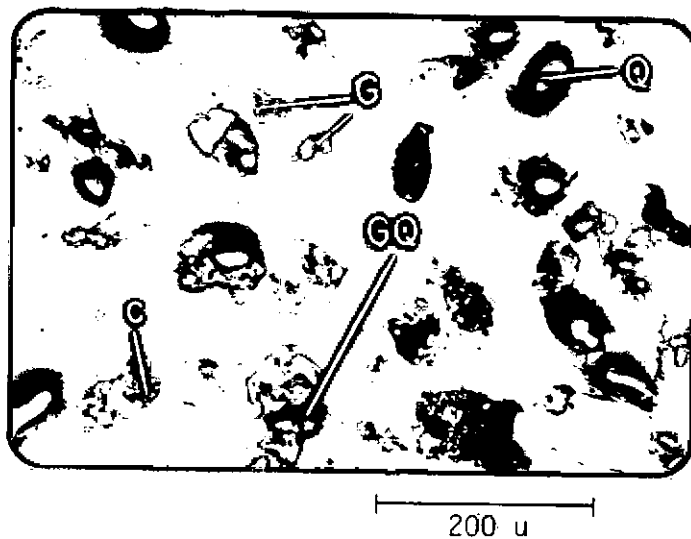


Fig.14 Cola no magnética del común de Santa Inés Ensayo de tabla 7.

Q= cuarzo C= cemento
GQ= partícula ligada goethita-cuarzo



4.1.3. Ensayos de atrición.

La textura colítica del mineral y el aumento de ley que se observa en las granulometrías más gruesas cuando se muele la mena, indica la presencia de dos facies de dureza diferente en la misma (Ver tablas 6 y 8).

Por esta causa se consideró razonable efectuar una serie de ensayos de atrición con clasificación del producto resultante, para medir el grado de enriquecimiento que se produce en las fracciones más gruesas del mineral y si es posible obtener una lama descartable.

En la tabla 9 se dan las condiciones del ensayo y los resultados obtenidos para varios tiempos de atrición.

Se observa que con el aumento del tiempo de atrición la ley de la fracción +100 mallas pasa de 31,6 al 33,3 a costa de una pérdida de recuperación de hierro del 9%.

Estos resultados descartan a la atrición como proceso de concentración, pero para tiempos cortos (5 minutos) puede emplearse como método preparativo de la alimentación previo a la separación magnética.

Se efectuó una serie de ensayos de atrición con la adición de silicato de sodio para ver si el dispersante mejoraba los resultados.

En la tabla 10 se dan las condiciones y resultados de los ensayos: La adición del silicato de sodio causa una mayor dispersión de los minerales de hierro que los de ganga.

TABLA N° 9. Ensayos de atrición sobre el común de Santa Inés triturado a -8 #.

1. Condiciones operatorias.

Mineral	Común de Santa Inés
Equipo	Atricionador de laboratorio Denver
Peso de muestra	500 g
Volúmen de agua	300 cm ³
Velocidad del atricionador	600 r.p.m.
pH del sistema	6,2
Tiempo de atrición	5 - 10 - 20 y 40 minutos

2. Resultados.

Clase granulométrica mallas RAM	Tiempo de atrición (minutos)		Peso (%)				Ley Fe total (%)				Distribución del Fe (%)								
			5		20		40		5		10		20		40				
	+	-	58,2	3,9	58,0	3,0	55,4	3,9	49,7	31,6	27,3	31,6	32,1	33,3	73,9	72,7	71,0	65,0	
	+ 100																		
	- 100 + 200																		
	- 200 + 325																		
	- 325																		
	Cabeza		100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	24,8*	25,2*	25,1*	25,4*	25,1*	25,4*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(*) Calculado

TABLA N°10 Ensayos de atrición sobre el común de Santa Inés triturado a -8# con varias adiciones de silicato de sodio.

1. Condiciones operatorias

Mineral	Común de Santa Inés
Equipo	Atricionador de laboratorio Denver
Peso de la muestra	500 g
Volumen de agua	300 cm ³
Velocidad del atricionador	600 r.p.m.
pH	6,2
Tiempo de atrición	5 minutos
Concentración de dispersante	100 - 200 - 400 y 800 g/t de silicato de sodio

2. Resultados

Na ₂ SiO ₃ (g/t)	Peso (%)				Ley Fe (%)				Distribución del fino (%)						
	0	100	200	400	800	0	100	200	400	800	0	100	200	400	800
+ 100	58,2	58,7	51,6	51,3	45,7	31,6	27,8	30,2	30,0	31,1	73,9	64,2	61,4	60,6	56,0
- 100 + 200	3,9	6,9	8,1	5,6	7,6	27,3	21,2	21,7	23,4	23,1	4,2	5,8	6,9	5,1	6,9
- 200 + 325	3,3	2,9	2,8	3,0	5,9	21,5	20,6	18,3	19,3	18,4	2,8	2,4	2,0	2,2	4,3
- 325	34,6	31,5	37,5	40,1	40,8	13,6	22,3*	20,1*	20,2*	20,5*	19,1	27,6	29,7	32,1	32,8

(*) Calculado.

4.1.4. Esquema final de beneficio.

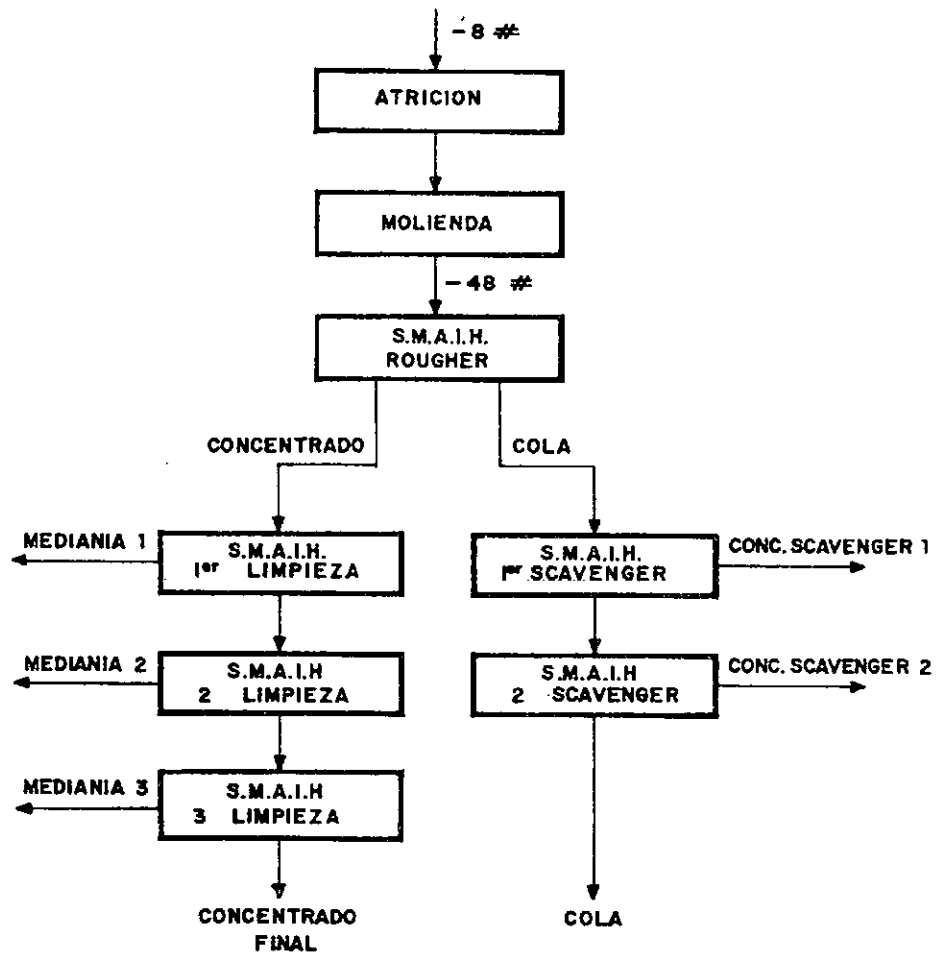
En la figura 15 se ilustra el esquema final de beneficio utilizado para ejecutar los ensayos de separación magnética de alta intensidad en húmedo.

El mismo consta de las siguientes etapas:

1. Una corta atrición del producto triturado a -8#
2. Molienda del producto atricionado a tamaño de en sayo, -48 mallas
3. Separación magnética de alta intensidad en húmedo con:
 - a) Una etapa rougher
 - b) Tres limpiezas del concentrado
 - c) Dos Scavenger de la cola

El esquema adoptado para la separación magnética tiende a definir las mejores colas y concentrados obtenibles con éste método de beneficio.

En la tabla 11 se dan las condiciones operativas utilizadas en cada etapa del esquema.



S.M.A.I.H. = SEPARACION MAGNETICA DE ALTA INTENSIDAD EN HUMEDO

FIGURA 15 : ESQUEMA DEFINITIVO DE ENSAYO ADOPTADO PARA LAS PRUEBAS DE SEPARACION MAGNETICA DE ALTA INTENSIDAD EN HUMEDO.

TABLA N°11. Condiciones operativas utilizadas en el esquema final adoptado para los ensayos de separación magnética de alta intensidad en húmedo.

1. Atricionador

Equipo	Atricionador Denver
Peso de la muestra	500 g
Volúmen de agua	300 cm ³
Velocidad del atricionador	600 rpm
pH	6,2
Tiempo de atrición	5 minutos

2. Molienda.

Molino de barras	11.096 Kg de barras
Peso de la muestra	1000 g
Volúmen de agua	700 cm ³
Tiempo	5 minutos

3. S.M.A.I.H..

Separador Jones modelo Laboratorio	
Peso de la muestra	30 g
Volúmen de agua	400 cm ³
Volúmen de agua por pulso	2 cm ³
Presión de agua de lavado	1,4 kg/cm ²
Intensidad de corriente	4 amp.
Densidad de flujo magnético en el entrehierro	18.400 Gauss

4.2. Resultados de los ensayos de concentración magnética de alta intensidad en húmedo.

En las tablas 12 a 22 se dan los resultados de los ensayos de concentración magnética de alta intensidad en húmedo efectuados sobre cada una de las muestras comunes y especiales provenientes de las zonas de Montecarlo, Concepción de la Sierra y Santa Inés. Los ensayos se efectuaron aplicando el esquema dado en la figura 15 y las condiciones operativas de la tabla 11.

En la tabla 23 se da el análisis completo / de colas y concentrados finales obtenidos en estos ensayos.

TABLA N°12. Resultados del ensayo de Separación Magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra común de Montecarlo.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	59,4	38,4	69,2	Concentrado de 3er. limpieza	59,4	38,4	69,2
Mediana 3	5,1	27,7	4,3	Concentrado de 2a. limpieza	64,5	37,6	73,5
Mediana 2	6,9	24,6	5,1	Concentrado de 1a. limpieza	71,4	36,3	78,6
Mediana 1	8,0	23,0	5,6	Concentrado rougher	79,4	35,0	84,2
Conc. Scavenger 1	4,4	29,4	3,9	Cola rougher	20,6	25,3	15,8
Conc. Scavenger 2	1,5	28,6	1,3	Cola de 1er. Scavenger	16,2	24,2	11,9
Cola final	14,7	23,8	10,6	Cola de 2do. Scavenger	14,7	23,8	10,6
Alimentación	100,0	33,0	100,0				

TABLA n° 13. Resultados del ensayo de Separación Magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra Montecarlo
0,10 - 0,30 m.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapa	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	53,1	37,7	65,8	Concentrado de 3er. limpieza	53,1	37,7	65,8
Mediana 3	5,4	26,2	4,6	Concentrado de 2da. limpieza	58,5	36,6	70,4
Mediana 2	9,1	23,9	7,1	Concentrado de 1er. limpieza	67,0	34,9	77,5
Mediana 1	11,8	22,1	8,6	Concentrado rougher	79,4	33,0	86,1
Conc. Scavenger 1	5,6	27,4	5,0	Cola rougher	20,6	20,6	13,9
Conc. Scavenger 2	2,6	23,5	2,0	Cola de 1er. Scavenger	15,0	18,0	8,9
Cola final	12,4	16,9	6,9	Cola de 2do. Scavenger	12,4	16,9	6,9
Alimentación	100,0	30,5	100,0				

TABLA N° 14. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra Montecarlo

0,30 - 0,65 m.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	60,9	40,9	65,5	Concentrado de 3er. limpieza	60,9	40,9	65,5
Mediana 3	4,3	39,7	4,5	Concentrado de 2da. limpieza	65,2	40,8	70,0
Mediana 2	8,0	36,7	7,7	Concentrado de 1er. limpieza	73,2	40,4	77,7
Mediana 1	8,5	33,3	7,5	Concentrado rougher	81,7	39,6	85,2
Conc. Scavenger 1	6,6	36,1	6,3	Cola rougher	18,3	30,6	14,8
Conc. Scavenger 2	2,1	33,9	1,9	Cola del 1er. Scavenger	11,7	27,4	8,5
Cola final	9,6	26,0	6,6	Cola del 2do. Scavenger	9,6	26,0	6,6
Alimentación	100,0	38,0	100,0				

TABLA N° 15 Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la Muestra Montecarlo
0,65 - 0,95 m.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	56,1	34,4	65,6	Concentrado de 3er. Limpieza	56,1	34,4	65,6
Medianfa 3	6,6	31,4	7,0	Concentrado de 2da. Limpieza	62,7	34,1	72,6
Medianfa 2	8,1	24,4	6,7	Concentrado de 1er. Limpieza	70,8	33,0	79,3
Medianfa 1	8,3	22,4	6,3	Concentrado rougher	79,1	31,9	85,6
Conc. Scavenger 1	6,1	24,6	5,1	Cola rougher	20,9	20,3	14,4
Conc. Scavenger 2	2,5	23,8	2,0	Cola del 1er. Scavenger	14,8	18,5	9,3
Cola final	12,3	17,4	7,3	Cola del 2do. Scavenger	12,3	17,4	7,3
Alimentación	100,0	29,4	100,0				

TABLA N°16. Resultados del ensayo de Separación Magnética de alta intensidad en húmedo, efectuado sobre la muestra común de Concepción de la Sierra.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	64,0	44,2	71,2	Concentrado de 3er. Limpieza	64,0	44,2	71,2
Medianía 3	3,3	37,2	3,1	Concentrado de 2da. Limpieza	67,3	43,9	74,3
Medianía 2	6,6	37,0	6,1	Concentrado de 1er. Limpieza	73,9	43,2	80,4
Medianía 1	8,1	31,0	6,3	Concentrado rougher	82,0	42,0	86,7
Conc. Scavenger 1	4,0	37,8	3,8	Cola rougher	18,0	29,3	13,3
Conc. Scavenger 2	2,0	32,2	1,6	Cola de 1er. Scavenger	14,0	26,9	9,5
Cola final	12,0	26,0	7,9	Cola de 2do. Scavenger	12,0	26,0	7,9
Alimentación	100,0	39,7	100,0				

TABLA N°17. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra Concepción de la Sierra 0,00 - 0,55 metros.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	66,7	46,9	71,5	Concentrado de 3er.limpieza	66,7	46,9	71,5
Medianfa 3	2,1	41,2	2,0	Concentrado de 2da.limpieza	68,8	46,7	73,5
Medianfa 2	5,3	40,9	5,0	Concentrado de 1er.limpieza	74,1	46,3	78,5
Medianfa 1	7,5	34,7	6,0	Concentrado rougher	81,6	45,2	84,5
Conc. Scavenger 1	4,3	41,7	4,1	Cola rougher	18,4	36,9	15,5
Conc. Scavenger 2	1,9	40,0	1,7	Cola de 1er.Scavenger	14,1	35,4	11,4
Cola final	12,2	34,7	9,7	Cola de 2do.Scavenger	12,2	34,7	9,7
Alimentación	100,0	43,7	100,0				

TABLA N°18. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra de Concepción de la Sierra. 0,55 - 1,10 metros.-

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	64,2	41,7	72,0	Concentrado de 3er. limpieza	64,2	41,7	72,0
Medianía 3	4,3	37,2	4,3	Concentrado de 2da. limpieza	68,5	41,4	76,3
Medianía 2	7,1	31,4	6,0	Concentrado de 1er. limpieza	75,6	40,5	82,3
Medianía 1	6,3	30,2	5,1	Concentrado rougher	81,9	39,7	87,4
Conc. Scavenger 1	5,1	32,2	4,4	Cola rougher	18,1	25,7	12,6
Conc. Scavenger 2	2,0	30,7	1,7	Cola de 1er. Scavenger	13,0	23,2	8,2
Cola final	11,0	21,8	6,5	Cola de 2do. Scavenger	11,0	21,8	6,5
Alimentación	100,0	37,2	100,0				

TABLE N°19. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra común de Santa Inés.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	41,5	30,1	49,0	Concentrado 2da.limpieza	41,5	30,1	49,0
Medianía 2	12,1	22,1	10,5	Concentrado 1er.limpieza	53,6	28,3	59,5
Medianía 1	15,5	18,9	11,5	Concentrado rougher	69,1	26,2	71,0
Conc.Scavenger 1	20,4	27,2	21,8	Cola rougher	30,9	23,1	29,0
Conc.Scavenger 2	8,7	18,3	6,2	Cola de 1er.Scavenger	10,5	17,6	7,2
Cola final	1,8	14,3	1,0	Cola de 2do.Scavenger	1,8	14,3	1,0
Alimentación	100,0	25,6	100,0				

TABLA N° 20. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra Santa Inés 0,10 - 0,40 metros.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	63,2	37,5	67,8	Concentrado de 3er. limpieza	63,2	37,5	67,8
Mediana 3	4,8	32,2	4,4	Concentrado de 2da. limpieza	68,0	37,1	72,2
Mediana 2	6,5	31,6	5,9	Concentrado de 1er. limpieza	74,5	36,6	78,1
Mediana 1	8,8	30,1	7,6	Concentrado rougher	83,3	36,0	85,7
Conc. Scavenger 1	6,7	33,0	6,3	Cola rougher	16,7	29,9	14,3
Conc. Scavenger 2	2,2	30,9	2,0	Cola de 1er. Scavenger	10,0	27,8	8,0
Cola final	7,8	26,9	6,0	Cola de 2do. Scavenger	7,8	26,9	6,0
Alimentación	100,0	34,9	100,0				

TABLA N°21. Resultados del ensayo de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuado sobre la muestra Santa Inés 0,40 - 0,60 metros.

Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)	Productos por etapas	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Concentrado final	61,1	37,5	69,4	Concentrado de 3er. limpieza	61,1	37,5	69,4
Medianfa 3	3,3	30,1	3,0	Concentrado de 2da. limpieza	64,4	37,1	72,4
Medianfa 2	8,2	27,2	6,8	Concentrado de 1er. limpieza	72,6	36,0	79,2
Medianfa 1	11,4	25,9	9,0	Concentrado rougher	84,0	34,6	88,2
Conc. Scavenger 1	5,4	31,1	5,1	Cola rougher	16,0	24,2	11,8
Conc. Scavenger 2	2,2	26,3	1,8	Cola de 1er. Scavenger	10,6	20,8	6,7
Cola final	8,4	19,3	4,9	Cola de 2do. Scavenger	8,4	19,3	4,9
Alimentación	100,0	33,0	100,0				

TABLA N°22. Análisis químicos de los concentrados y colas finales obtenidos en los ensayos de separación magnética de alta intensidad en húmedo efectuados sobre todas las muestras.

Muestra		L E Y E S											P.P.C.	
Procedencia	Denominación	Producto	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	P.P.C.	
Monte-carlo	Común	Conc.	38,4	24,6	6,4	3,1	0,31	0,61	0,90	0,20	0,027	0,014	8,1	
		Cola	23,8	41,0	8,2	2,9	0,57	0,85	1,29	0,22	0,037	0,021	10,7	
	0,10-0,30m	Conc.	37,7	26,9	7,2	3,4	0,34	0,64	1,00	0,18	0,029	0,015	7,5	
		Cola	16,9	48,7	8,3	3,6	0,77	0,93	1,44	0,33	0,042	0,022	11,2	
Concepción de la Sierra	Común	Conc.	40,9	24,0	7,0	2,5	0,29	0,58	0,88	0,15	0,026	0,014	6,4	
		Cola	26,0	40,0	7,3	2,5	0,29	0,81	1,25	0,15	0,026	0,018	10,2	
	0,65-0,95m	Conc.	34,1	28,6	7,3	4,4	0,35	0,65	1,02	0,19	0,030	0,016	7,9	
		Cola	17,4	46,9	8,2	4,9	0,62	1,00	1,56	0,30	0,043	0,023	12,0	
Santa Inés	Común	Conc.	44,2	17,2	6,7	3,3	0,30	0,59	0,91	0,19	0,026	0,014	7,2	
		Cola	26,0	38,0	7,8	3,6	0,53	0,84	1,36	0,25	0,037	0,020	10,2	
	0,00-0,55m	Conc.	46,9	15,0	6,8	2,8	0,29	0,56	0,87	0,16	0,028	0,014	6,9	
		Cola	34,7	29,7	7,4	2,9	0,57	0,79	1,27	0,21	0,034	0,016	7,1	
Santa Inés	0,55-1,10m	Conc.	41,7	20,8	6,7	3,4	0,30	0,60	0,98	0,18	0,027	0,014	7,3	
		Cola	21,8	42,9	8,0	3,8	0,66	0,92	1,44	0,25	0,043	0,021	11,5	
	Común	Conc.	30,1	33,1	9,2	2,8	0,39	0,81	1,21	0,21	0,035	0,019	8,9	
		Cola	18,3	42,5	13,1	3,2	0,54	0,85	1,27	0,24	0,037	0,020	11,8	
0,10-0,40m	Conc.	37,5	27,3	6,7	2,4	0,36	0,71	1,15	0,18	0,033	0,018	7,1		
	Cola	26,9	39,2	7,3	2,1	0,54	0,77	1,23	0,22	0,032	0,017	9,7		
0,40-0,70	Conc.	37,5	26,6	6,3	2,8	0,51	0,79	1,15	0,19	0,035	0,017	7,2		
	Cola	19,3	47,0	8,0	2,2	0,73	0,81	1,31	0,26	0,038	0,018	11,5		

4.3. Discusión de los resultados.

Con el fin de facilitar el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de concentración magnética de alta intensidad en húmedo se confeccionó la tabla 23 en donde se volcó para cada muestra ensayada el análisis de hierro y sílice del concentrado y cola final, la recuperación del hierro en el concentrado y la eficiencia de la concentración calculada a partir de la siguiente fórmula(1):

$$E = \frac{(R - C)}{(100 - C)} \cdot \frac{(c - a)}{(c_{\max} - a)} \times 100$$

en donde:

- E = Eficiencia de la operación de concentración, %
 R = Recuperación del hierro, %
 C = Peso del concentrado, % de la alimentación
 c = Ley del concentrado, Fe %
 c_{\max} = Ley máxima del concentrado, Fe(%) se estimó en 64%
 a = Ley de la alimentación, Fe(%)

La eficiencia es igual a 100 cuando se obtiene un concentrado puro con el 100% de recuperación lo que indica una separación perfecta. Cuando no hay separación la eficiencia es igual a cero. En una operación normal la eficiencia de concentración es igual o mayor de 60.

TABLA N°23. Resumen de los principales resultados metalúrgicos obtenidos en los ensayos de concentración / magnética de alta intensidad en húmedo.

Procedencia	Muestra		Productos Finales	Leyes (%)		Recuperación de Fe (%)	Eficiencia de la concentración (%)
	Denominación			Fe	SiO ₂		
Monte-carlo	Común		Concentrado	38,4	24,6	69,2	4,20
			Cola	23,8	41,0		
	0,10 - 0,30 m	Concentrado	37,7	26,0	65,8	2,76	
		Cola	16,9	48,7			
Concepción de la Sierra	Común		Concentrado	40,9	24,0	65,5	1,31
			Cola	26,0	40,0		
	0,65 - 0,95 m	Concentrado	34,4	28,6	65,6	3,13	
		Cola	17,4	46,9			
Santa Inés	Común		Concentrado	44,2	47,2	71,2	3,70
			Cola	26,0	38,0		
	0,00 - 0,55 m	Concentrado	46,9	15,0	71,5	2,27	
		Cola	34,7	29,7			
Sierra	Común		Concentrado	41,7	20,8	72,0	3,36
			Cola	21,8	42,9		
	0,55 - 1,10 m	Concentrado	30,1	33,1	49,0	1,50	
		Cola	18,3	42,5			
Santa Inés	Común		Concentrado	37,5	27,3	67,8	1,12
			Cola	26,9	39,2		
	0,40 - 0,70 m	Concentrado	37,5	26,6	69,4	3,10	
		Cola	19,3	47,0			

Los malos resultados metalúrgicos obtenidos en las muestras estudiadas indican la no aplicabilidad del método de beneficio ensayado. Las eficiencias de concentración no han superado en ningún caso el valor de 4,20, el que está muy cerca del extremo de "no separación".

El análisis mineralógico de colas y concentrados reveló en todos los casos que la liberación entre ganga y minerales de hierro no era suficiente y que la misma se producirá en un tamaño de unos pocos micrones. La situación es idéntica a la representada en las microfotografías de las figuras 13 y 14.

5. Estudios de concentración por floculación selectiva.

5.1. Antecedentes.

En varios yacimientos de hierro en el mundo se está aplicando para menas con tamaños de liberación muy finos (menor de 25 micrones) la floculación selectiva como método principal de concentración o en el deslamado previo a la aplicación de otro proceso de concentración.

El beneficio de la mena de hierro de baja / ley de Geraldton, Ontario, Canadá(2) se realiza empleando la floculación selectiva de los minerales de hierro y deslamado como método principal de beneficio. Los resultados de varias campañas de estudio a nivel de planta piloto han permitido determinar la aplicación a nivel industrial del proceso.

En el yacimiento de Tilden (Michigan) U.S.A., se emplea la floculación selectiva y deslamado previo a la flotación(3). El proceso está en operación industrial desde el año 1974. Soluciones similares han sido estudiadas en escala de laboratorio y planta piloto por el Bureau of Mines para las menas del Marquette Range, Michigan (U.S.A.) (4) y por la Hanna Mining Company para las menas del Mesabi Range, Minnesota (U.S.A.) (5).

5.2. Fundamentos del método.

Los mecanismos que gobiernan la floculación selectiva del cuarzo y de la hematita y/o goethita han sido el objeto de cuidadosos trabajos de investigación realizados por Iwasaki y otros(6 y 7). En estos estudios se analizó el comportamiento de almidones de diferente procedencia y en cada caso se determinaron las condiciones óptimas del sistema para lograr la floculación diferencial.

Llen y Morrow(2) dan un esquema de beneficio para un mineral pobre de hierro empleando el fenómeno de la floculación selectiva.

En la figura 16 se ilustra las distintas / etapas que constituyen dicho esquema.

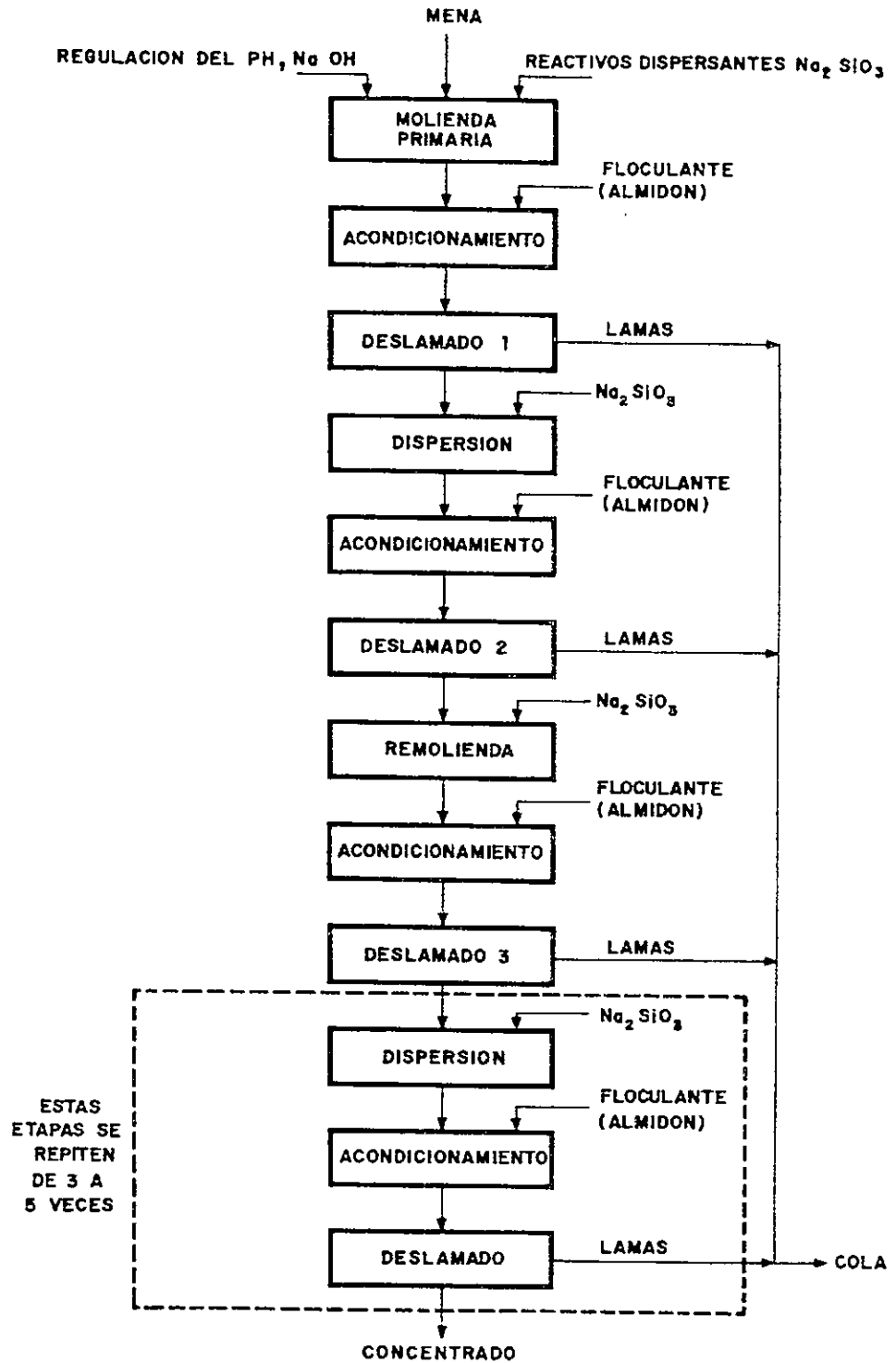


FIGURA 16 : ESQUEMA GENERAL DE BENEFICIO DE UNA MENA DE HIERRO EMPLEANDO LA FLOCULACION DIFERENCIAL.

De acuerdo a éste la mena se muele con la adición de Na(OH) y silicato de sodio con el fin de lograr una pulpa bien dispersa. En la figura 17 se puede apreciar la diferencia de aspecto entre la pulpa naturalmente floculada y la pulpa dispersa de la muestra común de Santa Inés. Para producir la floculación selectiva de los minerales de hierro quedando la sílice en estado de dispersión se regula el PH del sistema y se añade almidón previamente causticizado. Las diferencias existentes entre la pulpa floculada naturalmente, la dispersa y la floculada selectivamente se aprecian en las figuras 18, 19 y 20. Aún luego de 24 horas la fase dispersa no se ha asentado (Probeta C, figura 19). Mediante un deslamado se extrae la fase dispersa y nuevamente se repite todo el / proceso de dispersión-floculación selectiva-deslamado. El preconcentrado obtenido se remuele y se somete a entre 4 y 6 operaciones de "dispersión-floculación-selectiva-deslamado", obteniéndose un concentrado final.

5.3. Ensayos de floculación selectiva.

5.3.1. Esquema general de ensayos.

Con el fin de evaluar la aplicabilidad del método se utilizará el esquema de ensayos que se ilustra en la figura 21 y que es una simplificación del presentado en figura 16.

Consiste básicamente en una etapa de molienda y dos a tres etapas de "dispersión-floculación selec-

tiva-deslamado". Aún cuando con este esquema no se pueden obtener concentrados finales, el grado de enriquecimiento logrado será un claro índice de las posibilidades de aplicar este método en los tacurú de Misiones.

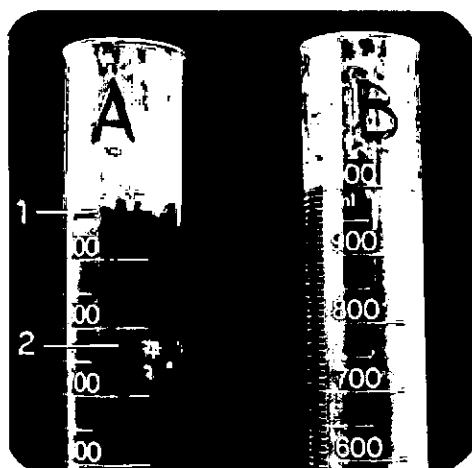


Fig.17. Aspecto de la pulpa naturalmente floclada. Probeta A y la pulpa dispersa Probeta B. Se advierte la presencia en el caso de la pulpa floclada de dos fases bien definidas:

1. agua
2. pulpa

Muestra Común de Santa Inés

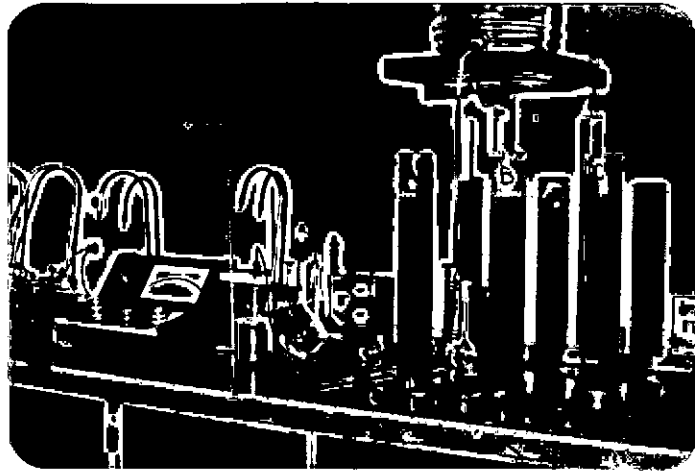
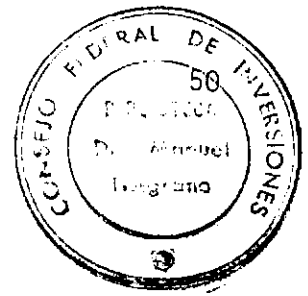


Fig.18.
Probeta A: Pulpa floculada natural
Probeta B: Pulpa dispersa
Probeta C: Pulpa floculada selectiva
tiempo de asentamiento: 1 hora
Muestra: Común de Santa Inés.

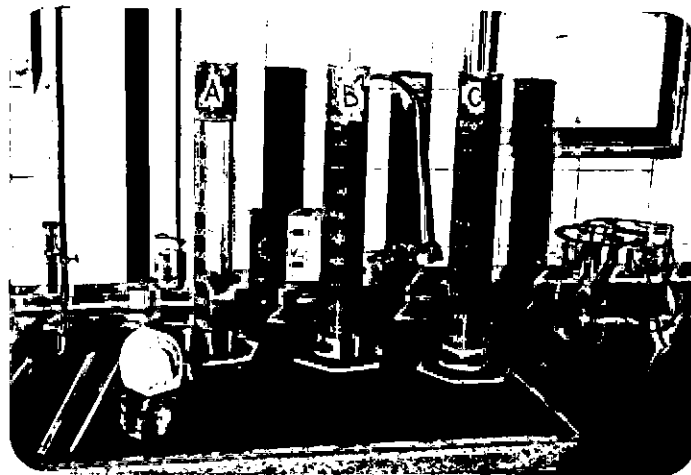


Fig.19: Idem figura 18
Tiempo de asentamiento: 24 horas
Nótese la total separación de las fases
agua y pulpa en la probeta A
Muestra:Común de Santa Inés

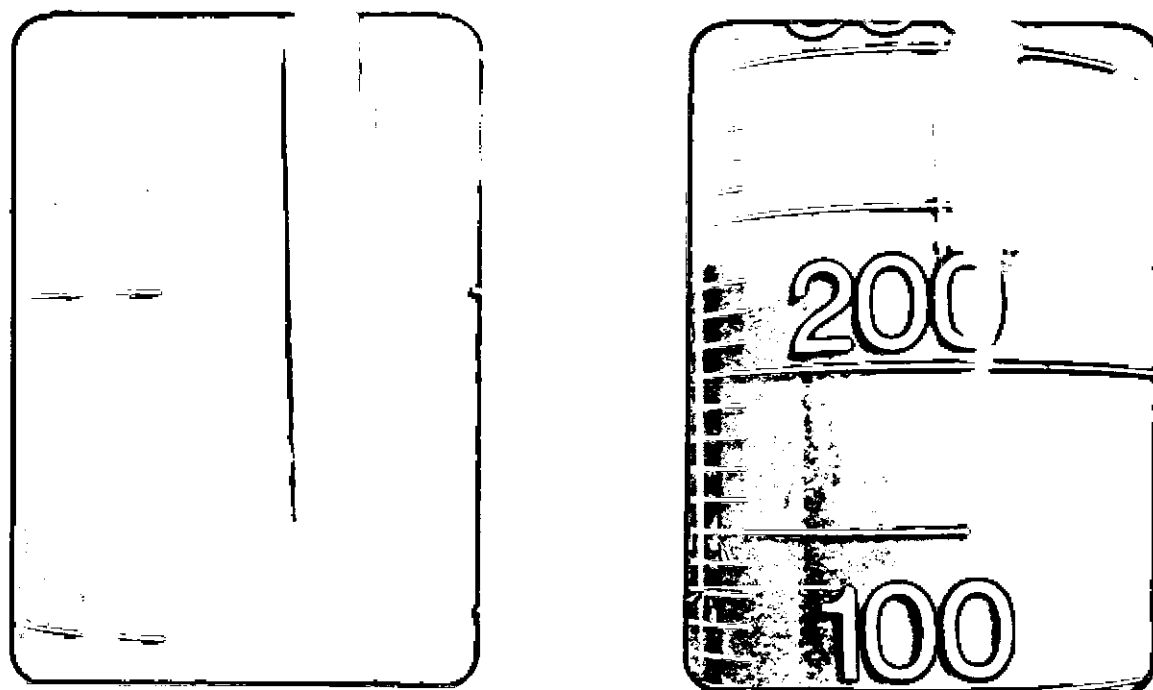


FIG.20. Ensayo de floculación selectiva vista de la probeta de ensayo.

(a) Se inicia la formación de flóculos y el asentamiento de los mismos.

(b) Flóculos asentados en la etapa de compresión.

Muestra: Común de Santa Inés

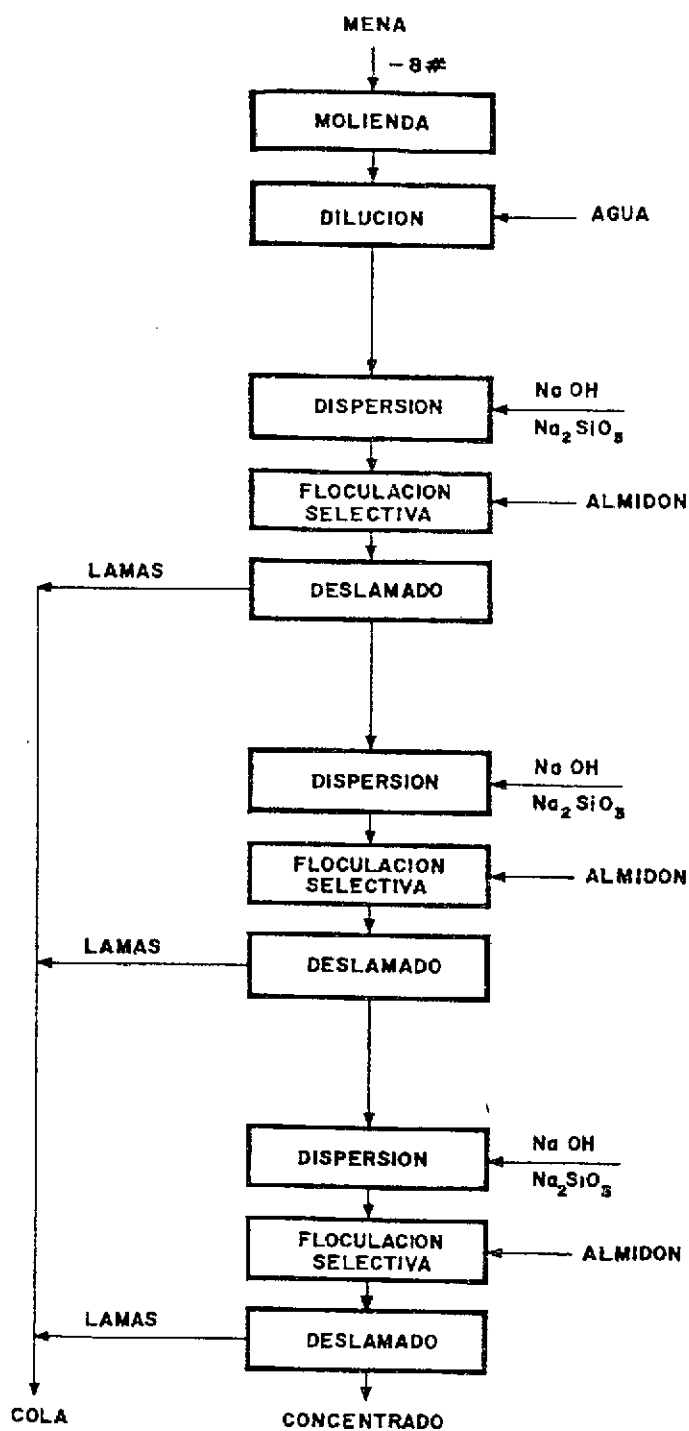


FIGURA 21: ESQUEMA DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.

5.3.2. Descripción de la técnica operatoria.

Una muestra de 1000g de mena triturada a -8 mallas se muele en un molino de bolas de laboratorio con la adición de 1000 ml de agua. La pulpa molida se descarga en probetas graduadas de 1000 ml ajustando la dilución al valor previsto en el ensayo.

El paso siguiente consiste en producir la / dispersión de la pulpa lo que se logra mediante la adición de un reactivo modificador del pH (NaOH) y un dispersante Na_2SiO_3).

La floculación selectiva se efectúa en la misma probeta añadiendo una cantidad predeterminada de almidón de maíz causticizado.

El deslamado se efectúa por simple sifonado luego de dejar asentar la pulpa por 15 minutos y la fase dispersa se remueve hasta llegar a la interfase de flóculos.

El número de etapas: "dispersión-floculación-selectiva-deslamado" osciló entre una y tres según los ensayos.

La solución de almidón causticizado se preparó siguiendo las recomendaciones efectuadas por Llen y Morrow(2). Se pesa 0,5g de NaOH y 1,0g de almidón y ambos se deslíen por separado en un pequeño volúmen de agua, se mezclan llevando el volúmen a 100 ml y se calienta rápidamente (en menos de 5 minutos) a 84°C, enfriando luego bajo un chorro de agua a temperatura ambiente. Con el fin de / evitar alteraciones químicas y biológicas en la solución esta se prepara antes de cada ensayo.

5.3.3. Efecto de la molienda.

Con el objeto de estudiar la influencia del grado de liberación sobre los resultados de la floculación selectiva-deslamado, se efectuaron ensayos sobre los comunes de Santa Inés y Montecarlo, empleando tiempos diferentes de molienda.

En la tabla 24 se dan las condiciones de / trabajo y resultados de los ensayos y en la tabla 25 los análisis granulométricos correspondientes a los diferentes tiempos de molienda.

El estudio de los resultados indican que no se obtienen mejoras para los tiempos de molienda ensayadas aunque 50,3% del peso de la muestra está por debajo de 10 micrones con 50 minutos de molienda, gran parte de los minerales de hierro presentes se encuentran ligados a la ganga como puede observarse en las microfotografías de la figura 22.

TABLA N°24. Condiciones de trabajo y resultados de los ensayos de floculación selectiva con diferentes tiempos de molienda. Muestras comunes de Santa Inés y Montecarlo.

1. Condiciones de trabajo.

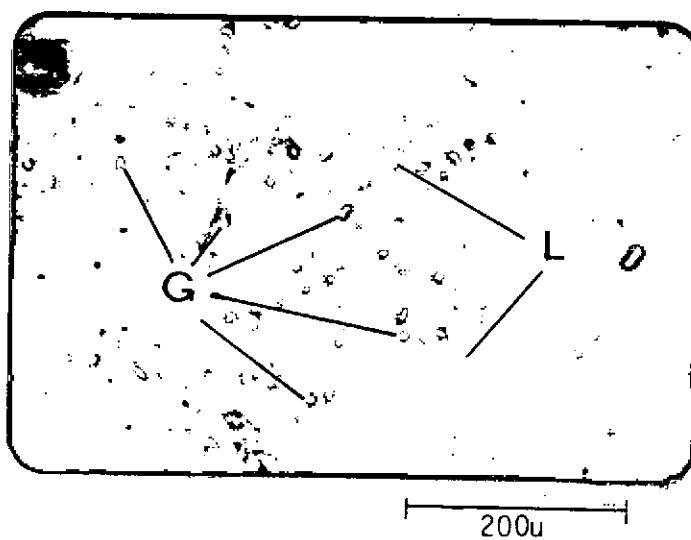
Tiempo de molienda	30-40-50 minutos
Dispersión l	1900 g/t NaOH 200 g/t Na ₂ SiO ₃
% sólidos en la pulpa	17,0
pH	8,50
Temperatura	20°C
Floculación l	1200 g/t almidón

2. Resultados.

Muestra	Molienda tiempo (min.)	Producto	Ley Fe %	Distribución del fino %
Común de Santa Inés	30	Concentrado	23,6	99,7
		Cola	9,9	0,3
		Alimentación	23,2	100,0
	40	Concentrado	23,3	97,0
		Cola	21,6	3,0
		Alimentación	23,2	100,0
	50	Concentrado	23,6	98,6
		Cola	17,6	1,4
		Alimentación	23,5	100,0
Común de Montecarlo	30	Concentrado	31,4	97,4
		Cola	21,9	2,6
		Alimentación	31,0	100,0
	40	Concentrado	31,4	99,0
		Cola	19,3	1,0
		Alimentación	31,2	100,0
	50	Concentrado	31,9	99,0
		Cola	20,4	1,0
		Alimentación	31,7	100,0

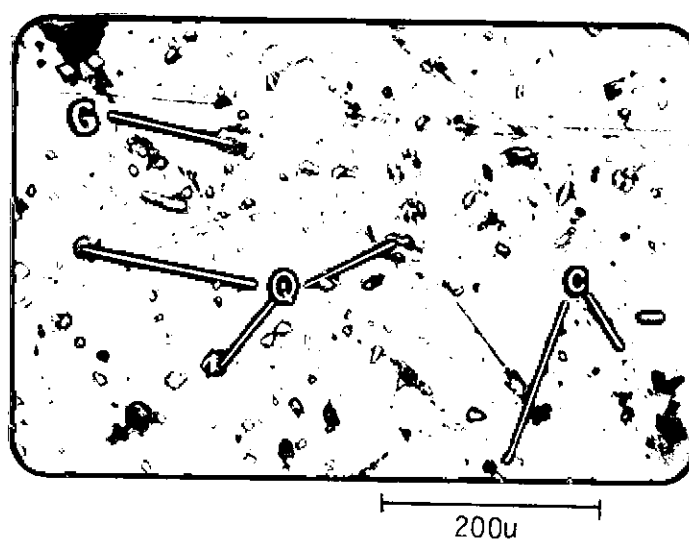
TABLA N°25. Análisis granulométrico de las muestras comunes de Santa Inés y Montecarlo para diferentes tiempos de molienda.

Muestra	Tamaño mallas IRAM	Peso directo retenido (%)		
		Tiempo de molienda (minutos)		
		30	40	50
Común de Santa Inés	- 140 + 200	0,7	0,3	0,2
	- 200 + 270	2,3	1,1	0,4
	- 270 + 400	3,4	2,8	1,5
	- 400	93,6	95,8	97,8
Común de Monte- carlo	- 140 + 200	3,2	2,5	1,8
	- 200 + 270	2,8	3,2	3,8
	- 270 + 400	9,6	6,3	4,4
	- 400 + 18 u	20,1	21,2	22,8
	- 18u + 9 u	18,0	19,0	22,5
	- 9u + 6 u	8,1	8,8	9,6
	- 6u	38,2	39,0	40,7



(a) Lamas

G= goethita L=lamas



(b) Conc. floculado

Fig.22 Microfotografías de los productos del ensayo de floculación selectiva-deslamado de la muestra común de Santa Inés.

G= goethita Q= cuarzo

C= cemento

5.3.4. Efecto de la dilución de la pulpa.

Con el fin de probar si una mayor dilución de pulpa permite una mejor separación entre los flóculos las lamas dispersas, se efectuó una serie de pruebas sobre las muestras comunes de Santa Inés, Concepción de la Sierra y Montecarlo. En la tabla 26 se dan las condiciones de operación y los resultados de los ensayos.

Los resultados de los ensayos demuestran / que la dilución no afecta la separación entre flóculos y lamas.

TABLA N°26. Condiciones de trabajo y resultados de los ensayos de flo-
culación selectiva - deslamado con diferentes diluciones
pulpa.

1. Condiciones de trabajo.

Tiempo de molienda	40 minutos
Dispersión 1	1900 g/t NaOH 200 g/t Na ₂ SiO ₃
% sólidos en la pulpa	5 - 10 - 17
pH	8,55
temperatura	18°C
Floculación 1	1500 g/t almidón
Dispersión 2	600 g/t NaOH 800 g/t Na ₂ SiO ₃
Floculación 2	0 g/t almidón

2. Resultados.

Muestra	Dilución de sólidos	Producto	Ley (%)	Distribución del fino (%)
Santa Inés	5	Concentrado	24,36	99,2
		Cola	19,46	0,8
		Alimentación	24,30	100,0
	10	Concentrado	25,00	98,6
		Cola	16,80	1,4
		Alimentación	24,00	100,0
17*	Concentrado	24,90	96,2	
	Cola	16,50	3,8	
	Alimentación	24,00	100,0	
Concepción de la Sierra	5	Concentrado	39,20	99,0
		Cola	9,80	0,1
		Alimentación	38,30	100,0
Zona de Monte-carlo	10	Concentrado	39,76	98,9
		Cola	33,60	1,1
		Alimentación	39,60	100,0
Zona de Monte-carlo	5	Concentrado	31,36	99,5
		Cola	14,56	0,5
		Alimentación	31,20	100,0
	10	Concentrado	31,40	99,0
		Cola	19,32	1,0
		Alimentación	31,20	100,0

(*) Con tres etapas de dispersión-floculación-deslamado.

5.3.5. Efecto del grado de dispersión.

Con el objeto de determinar las condiciones óptimas de dispersión se estudió el efecto de la adición de Na(OH) y de silicato de sodio, reactivos que gobiernan el mecanismo de dispersión para el sistema compuesto de cuarzo y minerales de hierro.

El rango óptimo de estas variables se determinó controlando ley y recuperación en una serie de pruebas. Se midió además el potencial zeta de las lamas para ratificar el grado de dispersión de las mismas.

En la tabla 27 se dan los resultados de algunas de las pruebas efectuadas sobre el común de Santa / Inés. Se logra una buena dispersión con adiciones de 1900 g/t de Na(OH) y 200 g/t Na_2SiO_3 . Concentraciones muy elevadas de Na(OH) disminuyen el grado de dispersión de las lamas aún cuando aumenta el grado de selectividad de la / floculación.

Incrementos en la concentración de silicato de sodio producen una mayor dispersión del sistema afectando la flocu-
lación selectiva de los minerales de hierro.

TABLA N°27. Ensayos de floculación selectiva-deslamado con distintas adiciones de NaOH y Na₂SiO₃ en la etapa de floculación. Muestra común de Santa Inés.

Reactivos g/t		Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
Na(OH)	Na ₂ SiO ₃				
1900	200	Concentrado	92,1	23,2	93,8
		Cola	7,9	18,1	6,2
		Alimentación	100,0	22,8	100,0
1900	300	Concentrado	78,8	23,9	81,8
		Cola	21,2	19,9	18,2
		Alimentación	100,0	23,0	100,0
2150	300	Concentrado	86,3	23,2	88,0
		Cola	13,7	19,6	12,0
		Alimentación	100,0	22,7	100,0
2500	300	Concentrado	99,9	23,6	99,6
		Cola	0,1	9,9	0,4
		Alimentación	100,0	23,2	100,0

5.3.6. Floculación.

La floculación selectiva del sistema cuarzo-minerales de hierro fue estudiada por Iwasaki y otros(6 y 7) los que encontraron que el almidón de maíz causticizado es el floculante más adecuado para esta operación.

Se efectuaron una serie de ensayos con el / fin de determinar el pH óptimo de la pulpa para producir la floculación diferencial, el que se halla entre 8,0 y 9,0 para las menas estudiadas. En la tabla 28 se dan los resultados de los ensayos de floculación selectiva con diferentes concentraciones de almidón.

Para el rango de concentraciones empleadas no se advierte variaciones en los resultados metalúrgicos.

TABLA N°28. Condiciones de trabajo y resultados de los ensayos de floculación selectiva con varias concentraciones de almidón. Muestra común de Santa Inés.

1. Condiciones de trabajo.

Molienda	30 minutos
Dispersión	950 g/t NaOH 1900 g/t Na ₂ SiO ₃
% de sólidos en la pulpa	17
Temperatura	20°C
Floculación	950 - 1400 - 1900 g/t almidón

2. Resultados.

Adición de almidón (g/t)	Producto	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
950	Concentrado	23,7	97,5
	Cola	17,5	2,5
	Alimentación	23,5	100,0
1400	Concentrado	23,5	96,7
	Cola	16,5	3,3
	Alimentación	23,2	100,0
1900	Concentrado	23,2	97,4
	Cola	15,9	2,6
	Alimentación	23,1	100,0

5.3.7. Otros ensayos.

A continuación se describen una serie de ensayos realizados para analizar exhaustivamente las posibilidades de concentración de estas menas. Los esquemas probados comprenden:

- I) Floculación diferencial, remolienda del concentrado y nueva Floculación (Esquema de figura 23).
- II) Atrición del -8#, separación de la fracción -325#, molienda del +325# y floculación selectiva (Esquema de figura 24).
- III) Separación de una fracción -20#, atrición del +20# separación del -325#. Molienda del +325# y floculación diferencial (Esquema de la figura 25).
- IV) Idem anterior pero con remolienda del concentrado y nueva floculación (Ver esquema de la figura 25).

Las condiciones de operación de los ensayos se dan en la tabla 29 y en la 30 los resultados.

Con ninguno de los esquemas ensayados ha sido posible alcanzar resultados aceptables.

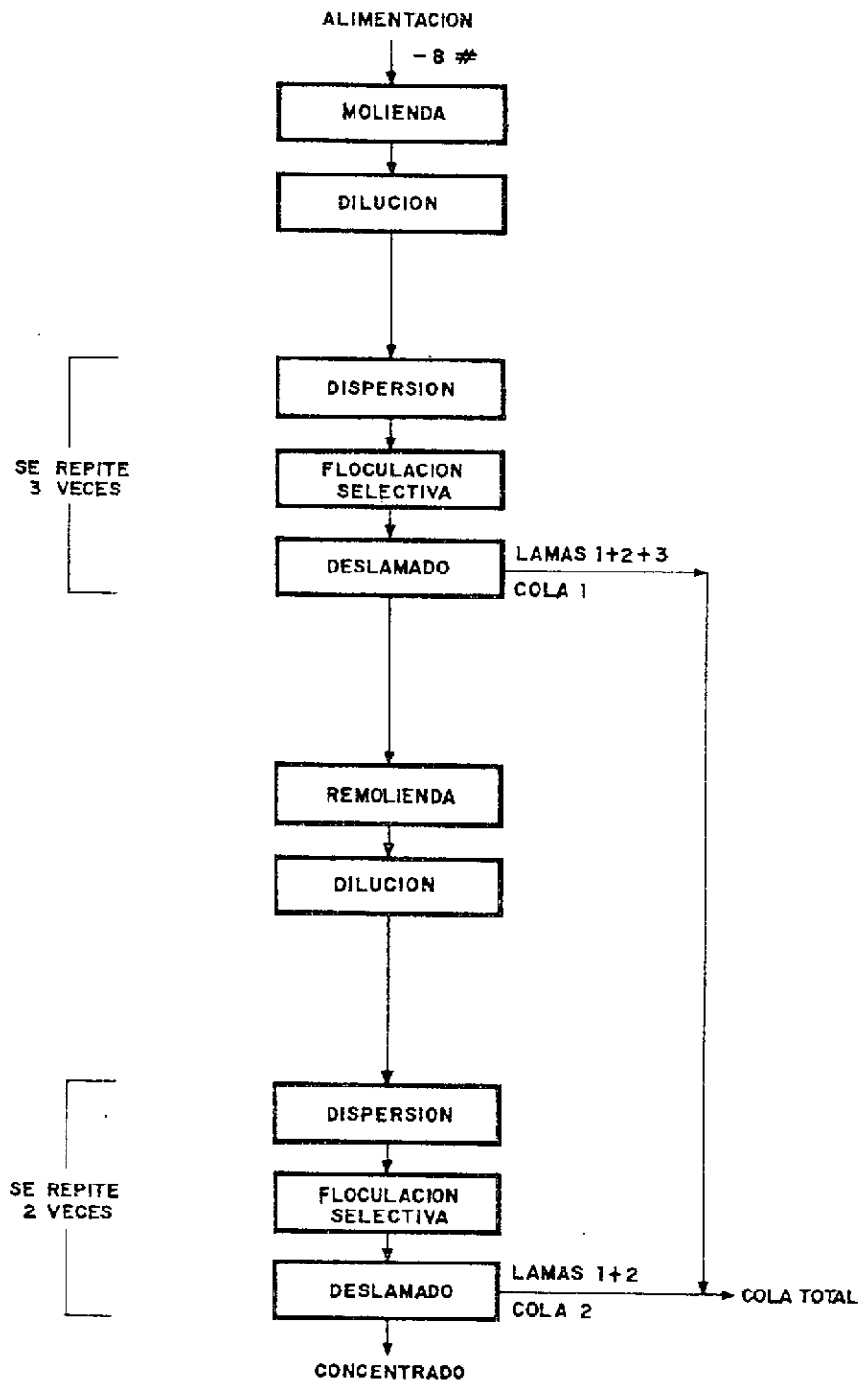


FIGURA 23 : ESQUEMA DE ENSAYO DE FLOCULACION DIFERENCIAL CON REMOLIENDA DEL CONCENTRADO Y NUEVA FLOCULACION. MUESTRA COMUN DE SANTA INES.

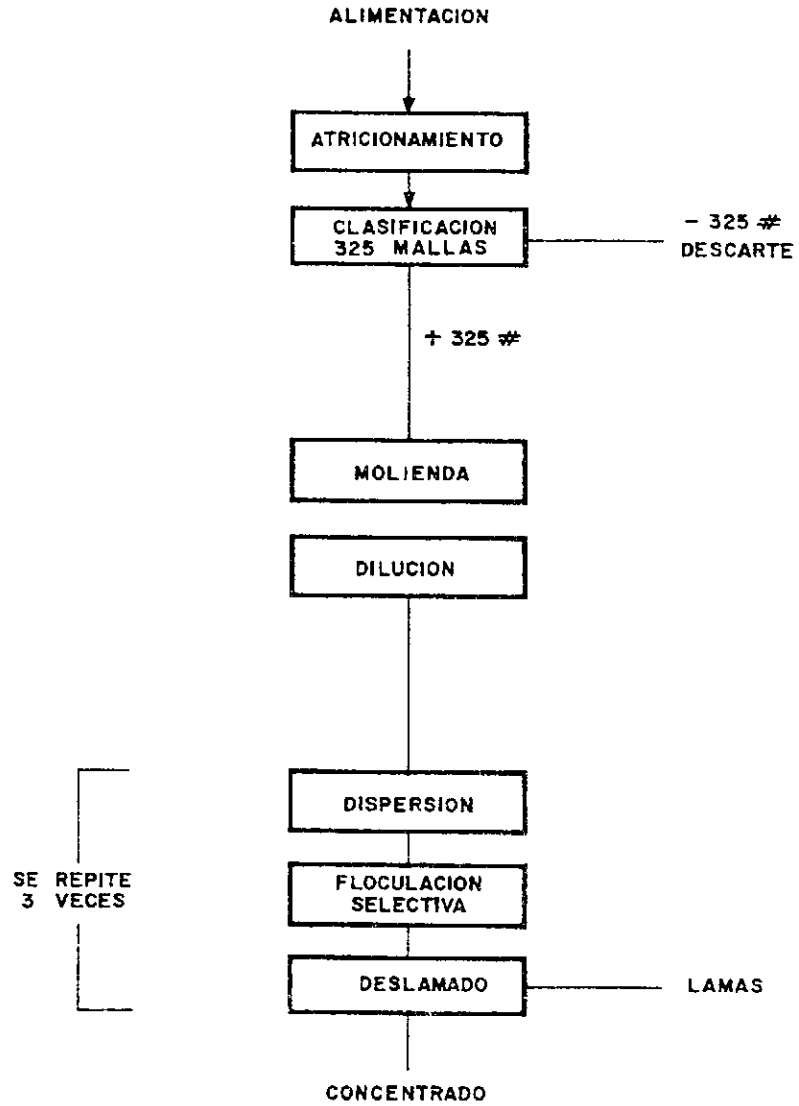


FIGURA 24: ESQUEMA DE ENSAYOS CON ATRICION DEL -8 #, SEPARACION DE - 325 #, MOLIENDA DEL + 325 # Y FLOCULACION SELECTIVA. MUESTRA COMUN DE SANTA INES.

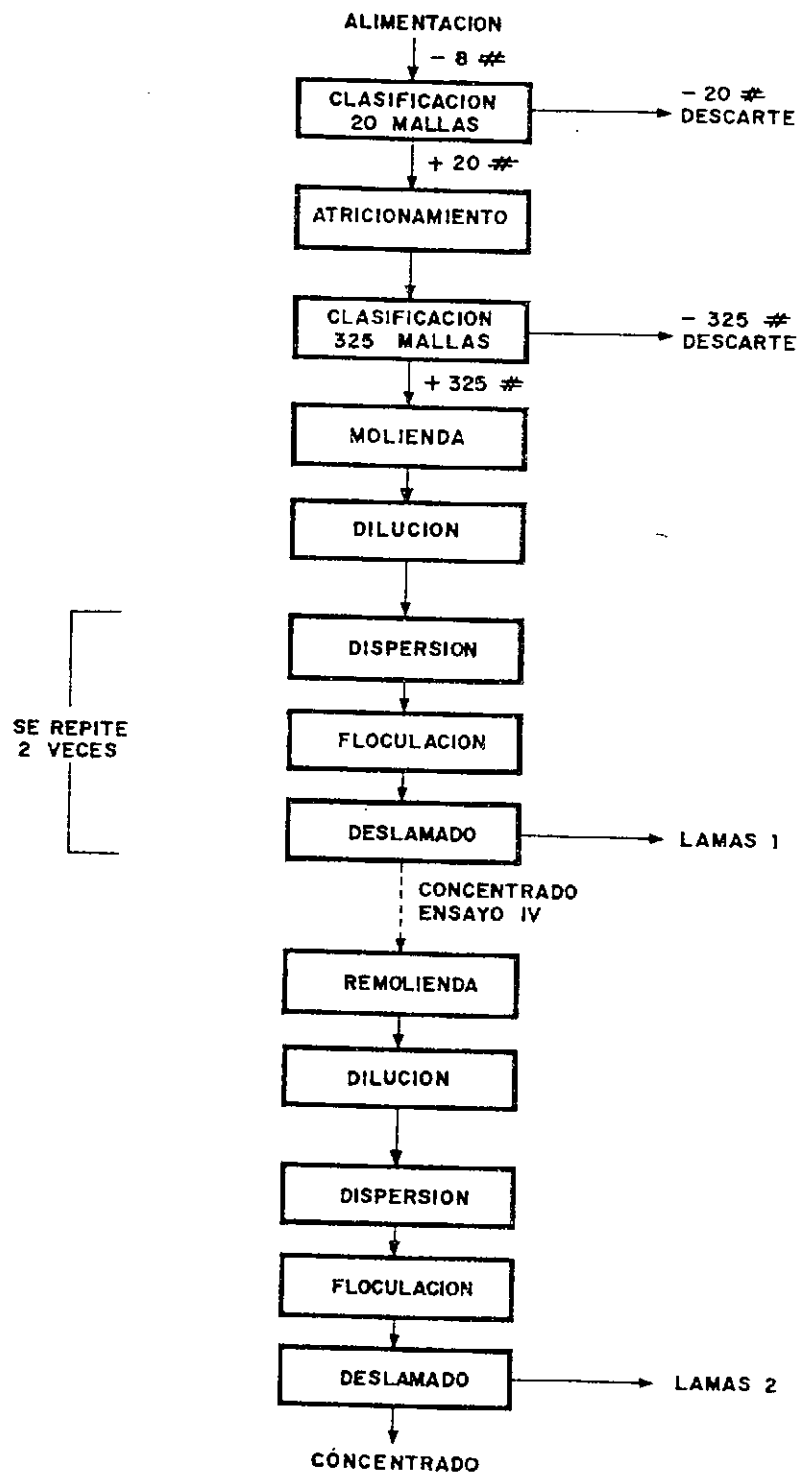


FIGURA 25: ESQUEMA DE ENSAYO CON SEPARACION DE UNA FRACCION -20 #, ATRICION DEL +20 #, SEPARACION DEL -325 #, MOLIENDA DEL +325 # Y FLOCULACION DIFERENCIAL. EN EL ENSAYO IV SE REMUELE EL CONCENTRADO Y NUEVA FLOCULACION DIFERENCIAL.

TABLA N°29. Condiciones de trabajo de los ensayos de floculación selectiva. Ensayos I a IV.

Ensayo	Muestra	M O L I E N D A 1														Pulpa % de sólidos	Molienda (min.)	
		DISPERSION 2						Floculación			pH			Natu- ral	2			3
		Inicial		2		3		Almidón	Almidón	Almidón	Int-	cial						
		Na(OH) g/t	Na ₂ SiO ₃ g/t	Na(OH) g/t	Na ₂ SiO ₃ g/t	Na(OH) g/t	Na ₂ SiO ₃ g/t	Almidón g/t	Almidón g/t	Almidón g/t								
I	Común de	2490	138	1660	55	--	55	--	55	1100	--	225	6,4	8,5	--	17	30	
II-A	Santa	2349	210	--	--	--	60	--	60	1204	--	--	6,5	8,7	8,6	15	30	
II-B	Inés	5000	210	--	--	--	60	--	60	1204	--	--	6,6	10,0	9,8	15	30	
III-A	Común de	2300	210	--	--	--	--	--	--	1204	--	180	6,45	8,5	8,5	15	30	
III-B	Concep-	4370	210	--	--	--	--	--	--	1204	--	180	6,45	10,0	9,5	15	30	
III-C	ción	5550	210	--	--	--	--	--	--	1204	--	180	6,45	11,0	10,5	15	30	
IV-A	de la	3640	200	1040	180	--	--	--	--	--	780	--	6,9	10,0	9,8	15	30	
IV-B	Sierra	3640	200	1040	180	--	--	--	--	--	780	--	6,9	10,0	9,8	15	30	
M O L I E N D A 2																		
I	Común	110	28	--	165	--	--	--	--	--	--	110	--	8,45	--	15	30	
II-A	de	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
II-B	Santa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
III-A	Inés	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
III-B	Común de	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
III-C	Concep-	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
IV-A	ción	2080	180	--	--	--	--	--	--	520	--	--	--	10,0	8,65	15	30	
IV-B	de la	4530	180	--	--	--	--	--	--	520	--	--	--	11,0	9,65	15	30	
IV-B	Sierra			--	--	--	--	--	--		--	--	--					

TABLA N°30. Resultados de los ensayos de floculación selectiva de los ensayos I a IV.


Ensayo	Muestra	Producto	Peso (%)	Ley Fe (%)	Distribución del fino (%)
I	Común de	Cola 1	9,4	16,5	6,4
		Cola 2	6,5	16,8	4,5
		Concentrado	84,1	25,8	89,1
		Alimentación	100,0	24,3	100,0
II-A	Santa Inés	- 325 #	42,3	14,8	25,0
		Lamas	0,3	24,1	0,3
		Concentrado	57,4	32,5	74,7
		Alimentación	100,0	25,0	100,0
II-B		- 325 #	42,3	14,8	27,9
		Lamas	4,1	27,7	5,9
		Concentrado	53,6	32,2	66,2
		Alimentación	100,0	22,4	100,0
III-A	Común Concepción de la	- 20 #	16,7	34,5	14,1
		- 325 #	9,6	36,6	8,6
		Lamas 1	3,2	41,7	3,3
		Concentrado	70,5	42,8	74,0
		Alimentación	100,0	40,8	100,0
III-B	Sierra	- 20 #	16,7	34,5	14,1
		- 325 #	9,6	36,6	8,6
		Lamas 1	6,3	41,2	6,3
		Concentrado	67,4	43,0	71,0
		Alimentación	100,0	40,8	100,0
III-C		- 20 #	16,7	34,5	14,0
		- 325 #	9,6	36,6	8,5
		Lamas 1	5,9	39,6	5,6
		Concentrado	67,8	43,9	71,9
		Alimentación	100,0	41,3	100,0
IV-A	Común Concepción de la	- 20 #	16,5	34,5	14,1
		- 325 #	5,8	33,6	4,8
		Lamas 1	13,5	41,7	13,9
		Lamas 2	3,3	37,8	3,1
		Concentrado	60,9	42,6	64,1
		Alimentación	100,0	40,5	100,0
IV-B	Sierra	- 20 #	16,5	34,5	14,1
		- 325 #	5,8	33,6	4,8
		Lamas 1	13,6	41,7	14,0
		Lamas 2	6,1	38,6	5,8
		Concentrado	58,0	42,6	61,3
		Alimentación	100,0	40,3	100,0

5.4. Discusión de los resultados.

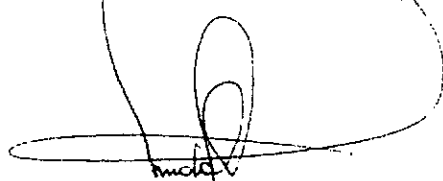
Los resultados obtenidos con la aplicación de varios esquemas de concentración aplicando la floculación selectiva como método de separación han dado resultados negativos, aunque la floculación selectiva se produce en forma normal.

Los estudios químicos, espectrográficos y mineralógicos de los productos de concentración muestran / que el problema se debe exclusivamente a la falta de liberación entre los minerales de hierro y su ganga aún usando condiciones extremas en la molienda.

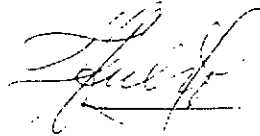
San Juan, diciembre 1979.




Julio César Videla



Carlos G. Rudolph



Mario Zuleta



José A. Matar

BIBLIOGRAFIA.

1. Derivation of a Basic Efficiency Formula for Concentrating Operations por E.Douglas, Trans.I.M.M. Vol.71. 1961-62.pág.697/704.
2. H.O.Llen y J.G.Morrow, Beneficiation of Lean Iron Ores Solely by selective flocculation and Desliming, CIM Bulletin.Octubre 1978. pág. 109-120.
3. A.D.Paananen y W.A.Turcotte, Factors influencing Selectiva Flocculation-Desliming Practice at the Tilden Mine.Trans.AIME,1965.
4. R.T.Sorensen and D.W.Frommer, Laboratory and Pilot Plant Development of Flotation Procedures for fine-grained Hematitic Ores of Marquette Range, Michigan, Report of Investigation 6976, 1967. U.S.Bureau of Mines.
5. M.L.Dicks and J.B.Morrow, Application of the Selective Flocculation Silica flotation process to the Mesabi Range Ores, trabajo presentado como preprint 78-B-6 en el 1978.AIME Annual Meeting,Denver.Colorado.
6. S.R.Balanjee and I.Iwasaki, Adsorption Mechanism of Sarches in flotation and flocculation of Iron Ores, Trans.AIME, vol 244(1969). pág. 401/406.
7. I.Iwasaki, W.J.Carlson Jr., y S.M.Parmerter, The use of starches and starch derivatives as depressants and flocculants in iron ore beneficiation, Trans.AIME, vol. 244.(1969). Pág. 88/98.