830

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

(Instituto de Investigaciones Mineras)

INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

Ing. José A. Matar

80
29

Estudio sobre la concentración de las menas de manganeso del Sur de Santiago del Estero y del Norte de Córdoba

SAN JUAN
Año 1967

FE DE ERRATAS

Pag.	Linea	Dice	Debe decir
10	14	encuetra	encuentra
17	5	principla	principal
17	17	exepcionalmente	excepcionalmente
18	9 y 18	geothita	geotita
19	4	de	en
21	25	desición	decisión
22	24	sales sólidas	sales sódicas
24	3	exaustivamente	exhaustivamente
26	3	realizazación	realización
27	2	aplicando	aplicados
II-4	7	abundanete	abundante
II-4	11	interticial	intersticial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

(Instituto de Investigaciones Minerás)

INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

SECRETARIA DE MINERIA
BIBLIOTECA

Ing. José A. Matar

Estudio sobre la concentración de las menas de manganeso del Sur de Santiago del Estero y del Norte de Córdoba

SAN JUAN
Año 1967

I N D I C E

	Pag.
1.- Antecedentes y desarrollo del trabajo	1
2.- Conclusiones y recomendaciones	4
3.- Descripción de las muestras	8
Descripción mineralógica de las muestras	10
4.- Ensayos de tratamiento	11
4.1.Concentración gravitacional	12
Ensayo de orientación	13
Elaboración de un esquema tipo	15
Discusión de los resultados	16
Esquema para la planta de selección manual	20
Esquema para una planta de concentración gravitacional	21
4.2.Pruebas de flotación	22
Discusión de los resultados de la flotación	24
Características de una planta de flotación para 100 t/24 hs.	26
4.3.Concentración gravitacional-flotación	27
Valorización de los resultados metalúrgicos	28
Costo de producción	30
Elección del esquema de tratamiento	30
4.4.Separación magnética	31

ANEXO I Estudio calcográfico de las muestras.

ANEXO II Consumos y especificaciones.

ANEXO III Costos de inversión y operación para las plantas estudiadas.

C O L A B O R A D O R E S

Por el Instituto Nacional de Geología y Minería:

Dra. Melba B. Guerstein y Nina Mischkovsky	A cargo de los estudios mineralógicos y calcográficos de las muestras

Por el Instituto de Investigaciones Mineras:

Roberto Tronelli	Asistente del Laboratorio de Tratamiento Mecánico de Minerales-Estudiante de Ingeniería de Minas
Oscar Eduardo Quispe	Asistente del Laboratorio de Mineralogía-Estudiante de Ingenieria de Minas.
Socorro Lucero de Cucurull	Laboratorista.

Se agradece al Dr. Vicente Padula del Instituto Nacional de Geología y Minería por su valiosa colaboración geológica para la elaboración de este trabajo.

1.- ANTECEDENTES Y DESARROLLO DEL TRABAJO

En el presente informe se da cuenta de un estudio experimental efectuado sobre muestras de menas del distrito manganesífero ubicado en la zona limítrofe de las provincias de Santiago del Estero y Córdoba, con el objeto de averiguar las posibilidades que ofrece su tratamiento y los resultados que podrían esperarse de la instalación de una planta concentradora regional. El trabajo se ha realizado en virtud de un convenio celebrado en Junio de 1966 entre el Instituto Nacional de Geología y Minería y la Universidad Nacional de Cuyo (Instituto de Investigaciones Mineras, San Juan).

El estudio se ha orientado en el sentido general del mejor aprovechamiento de la producción del distrito y la obtención de productos mejor cotizados en el mercado nacional. Las muestras estudiadas fueron obtenidas por personal del Instituto Nacional de Geología y Minería en una tarea previa (1), en la cual se examinaron los numerosos yacimientos del distrito y se calificaron según sus posibilidades. Tomando en cuenta la probable ubicación de la planta concentradora, los medios de comunicación, la importancia relativa de los yacimientos y las características de sus menas, se hicieron 5 grupos de muestras de mineral de vetas y dos grupos del material procedente de escombreras. Las muestras tratadas en el laboratorio resultan de un proceso de chancado zarandeo y selección manual efectuado en los yacimientos, en el cual se separaron las calidades que por su naturaleza pueden ser directamente comercializadas: mineral para alto horno y mineral para acería; además de un descarte de estéril. El material para los ensayos de laboratorio se compone de los

(1) Informe Dr. Vicente Padula, INGEMI, 1966.

///

finos resultantes del tratamiento que por su tamaño no pueden ser seleccionados a mano y de las fracciones que por sus características químicas no pueden entrar en ninguna de las categorías antes citadas. Todos los productos fueron pesados, muestreados y analizados quimicamente. Con la información obtenida se elaboraron las Tablas I y II en las que se reconstruye la ley del material original y se calculan las proporciones en que participan cada uno de los productos separados.

Las tareas de laboratorio se desarrollaron en el siguiente orden: Primero se hizo un ensayo de concentración gravitacional con fines de orientación, sobre la muestra de Pozo Nuevo, material que se estimó como el más apto para el conocimiento de los problemas que podrían presentarse en el tratamiento de las otras muestras; en vista de los resultados de este ensayo se preparó el esquema de una prueba tipo que sería aplicado al estudio de todas las muestras; este esquema se hizo mucho más sencillo que el del ensayo de orientación para hacer posible su aplicación a una planta de pequeña capacidad. Con los resultados de los siete ensayos tipo de concentración gravitacional, se elaboró el esquema de circulación de una planta regional de 100 t de capacidad en 24 horas. Este esquema serviría más adelante para las consideraciones y comparaciones de carácter económico relativas a la elección del método de tratamiento aconsejable. Posteriormente se hicieron ensayos de flotación por espumas en la forma tradicional y de flotación aglomerante, con cada una de las siete muestras. Luego se siguieron los ensayos de flotación aglomerante sobre una muestra común preparada con cantidades proporcionales a los tonelajes representados por cada una de las siete muestras en estudio. Con los resultados de es-

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
B.3 I
850

///

tos ensayos, que tuvieron por objeto el ajuste de los reactivos y el mejoramiento de los resultados metalúrgicos, se elaboró un esquema de circulación para una planta regional también de 100 t de capacidad. Con la misma muestra común se hizo luego un ensayo de tratamiento combinado gravitacional-flotación que sirvió para elaborar otro esquema de circulación para una planta regional de igual capacidad que las ya mencionadas. La información relativa al tratamiento de estas menas se completó con ensayos de separación magnética de alta intensidad.

La orientación de los ensayos y la interpretación de sus resultados fueron facilitados por el examen calcográfico de las menas y de los productos obtenidos, que estuvo a cargo de la Doctora Nelba Guerstein, del Instituto Nacional de Geología y Minería, cuyos informes se resumen en el Anexo II del presente.

El conocimiento de la naturaleza química y mineralógica de las menas excluyó desde un principio toda tentativa de obtener concentrados aptos para su utilización en la fabricación de pilas u otros usos químicos, circunscribiéndose por lo tanto las posibles aplicaciones de los concentrados al uso siderúrgico, en sus tres aplicaciones: alto horno, acerías y horno eléctrico. Las especificaciones químicas y granulométricas para este rubro, que cubre aproximadamente el 90% del consumo nacional de minerales de manganeso, se presentan en el Anexo I.

En los esquemas de tratamiento elaborados para fines de comparación y cómputos económicos, no se incluye la sección de trituración primaria, clasificación y selección manual, que se presenta separadamente, por ser común e invariable para cualquiera de las 3 soluciones.

2.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado el objeto de este trabajo, las conclusiones que siguen se refieren a una mena ideal compuesta por el aporte de los cinco grupos mineros y dos escombreras incluidos en el estudio, en cantidades proporcionales a sus respectivos tonelajes de cubicación. La información relativa al tratamiento separado de cada una de las siete muestras se encuentra en el texto del informe y en las correspondientes tablas de resultados.

2.1.- Los ensayos de clasificación y selección manual realizados en los yacimientos demuestran que solo el 22,6% del manganeso contenido en la mena puede recuperarse por ese procedimiento en forma de productos directamente negociables. De dicha selección manual resulta un descarte que se considera sin valor comercial actual y un producto para concentrar que contienen el 3,7 % y el 72,8 %, respectivamente, del manganeso total.

2.2.- De los procedimientos aplicados en el laboratorio para el tratamiento de la fracción a concentrar, la separación magnética en seco ha dado las recuperaciones más altas aunque en concentrados de ley relativamente baja. Se estima que este método de tratamiento ofrecería dificultades operativas en una planta regional que debe adaptarse facilmente a fuertes variaciones en la calidad de la alimentación. Por esta razón y por ser su costo de instalación el más alto , no se considera la aplicación del procedimiento (pag.31).

2.3.- El ensayo individual de cada una de las siete muestras representativas del distrito demuestra que la concentración gravitacional podría aplicarse con buenos resultados en tres casos ob-

///

teniéndose concentrados de más de 40% Mn con recuperaciones superiores a 80%. Pero el tratamiento de la muestra común ponderada que representa la alimentación media de la futura planta regional dió concentrados de 37% con recuperaciones del 78%. En las páginas 16 a 20 y en las Tablas 7 al 9, se dan las características químicas y granulométricas de los distintos concentrados obtenidos y se discuten en detalle los resultados.

2.4.- El ensayo individual de cada una de las siete muestras indica que la flotación aglomerante da mejores resultados que la flotación por espumas en la forma tradicional (ver Tablas X y XI). Los resultados del ensayo de la muestra común ponderada por flotación aglomerante se presentan en la Tabla XII. La concentración por flotación aglomerante como único método de tratamiento permitiría obtener concentrados de más de 35 % con recuperaciones de 70% o bien concentrados de 35 % con recuperaciones del 80 % (pag.26). La flotación aglomerante tiene la ventaja de ser menos sensible a los cambios de composición de la alimentación que los otros procedimientos considerados. Dado que la aptitud de la calcita y la baritina para flotar junto con los minerales de manganeso tiende a reducir la ley de los concentrados, se ensayó con éxito un procedimiento para eliminarlas en una operación previa, con la cual se elevó la ley de los concentrados hasta 46% Mn.

2.5.- Un ensayo de tratamiento combinado por concentración gravitacional-flotación aglomerante sobre la muestra común ponderada dió los mejores resultados, obteniéndose en conjunto concentrados de 41% Mn con una recuperación de 85% (Tabla XIII). Estos son los mejores resultados, metalurgicos obtenidos, según se desprende de la comparación de los datos resumidos en Tabla XIV. Juzgados los resultados metalúrgicos con el criterio de recuperación económica

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

///

(ver pag.28) también son superiores los del tratamiento por concentración gravitacional-flotación. Finalmente, el costo comparativo de la unidad de fino es el más bajo para este procedimiento (ver pag.30).

2.6.- Por lo que antecede se considera que el método de tratamiento recomendable es la concentración gravitacional-flotación aglomerante, según el Esquema VII, precedido de una selección manual del mineral grueso directamente negociable, según el Esquema IV. Los resultados que pueden esperarse de esta combinación de tratamiento son los siguientes:

	Rendimiento Kg/t	Ley % Mn	Recuperacipon %
Mineral seleccionado p.alto horno y acería	190,0	25,7	22,6
Concentrados gravitacionales aptos para acería	205,3	40,5	38,4
Concentrados de flotación aptos para acería	128,9	43,0	25,6
Totales	524,2	35,0	86,6

Los 190 kg de seleccionado incluyen 168 kg de mineral para alto horno con 23,7% Mn y 22 kg de mineral para acería de 41,1% Mn.

De los 205,3 kg de concentrados gravitacionales con 48,8% de Mn, 71,6 kg por ser más finos que 5mm deberán ser sinterizados junto con los concentrados de flotación.

2.7.- La capacidad recomendable en la sección de selección manual de la planta es de 100 t/8 hs. La de la sección de concentración gra

///

///

vitacional-flotación aglomerante es de 100 t/24 hs. Normalmente la primera sección trabajará un solo turno y la segunda tres. Esta combinación de capacidades se considera favorable para la elasticidad del conjunto (ver pag. 21 y 26). El costo de ambas instalaciones (Anexo III) se estima en $ 99.000.000.= m/n, sin incluir las plantas de fuerza motriz y sinterización ni las obras de captación y conducción de agua.

El costo de operación de las dos secciones, por tonelada tratada, incluída la amortización de la inversión en 10 años sin intereses y la incidencia del costo de sinterización de los concentrados finos, se estima en $ 2.228.= m/n (Anexo III-Tabla VII)

2.8.- Se considera que la información metalúrgica obtenida es suficiente para los cálculos económicos previos a una decisión y para la ejecución de un proyecto detallado de la planta de tratamiento recomendada.

2.9.- Respecto de la instalación para sinterización de los concentrados finos se recomienda hacer ensayos de laboratorio para determinar la aptitud de los mismos, la calidad del sinter obtenible y los requisitos generales de la instalación. Esta información debiera complementarse, en caso de decidirse la ejecución de un proyecto, con visitas a instalaciones similares.

San Juan, Febrero de 1968.-

Ing. José A. Matar

ING. RAMÓN J. O. RUÍZ BATES
DIRECTOR INT. DEL INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES MINERAS

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIBL T
830

3.- DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

En los yacimientos las muestras se clasificaron y seleccionaron manualmente de acuerdo con el Esquema I, elaborado previamente conforme con las características del mercado nacional y la práctica seguida en las explotaciones. Del mineral chancado a -4" se separó la fracción mayor de 2" para clasificarla en mineral para acería, alto horno, descarte y mineral para concentrar. Este último, junto con la fracción -2" integra la muestra para ensayos de concentración.

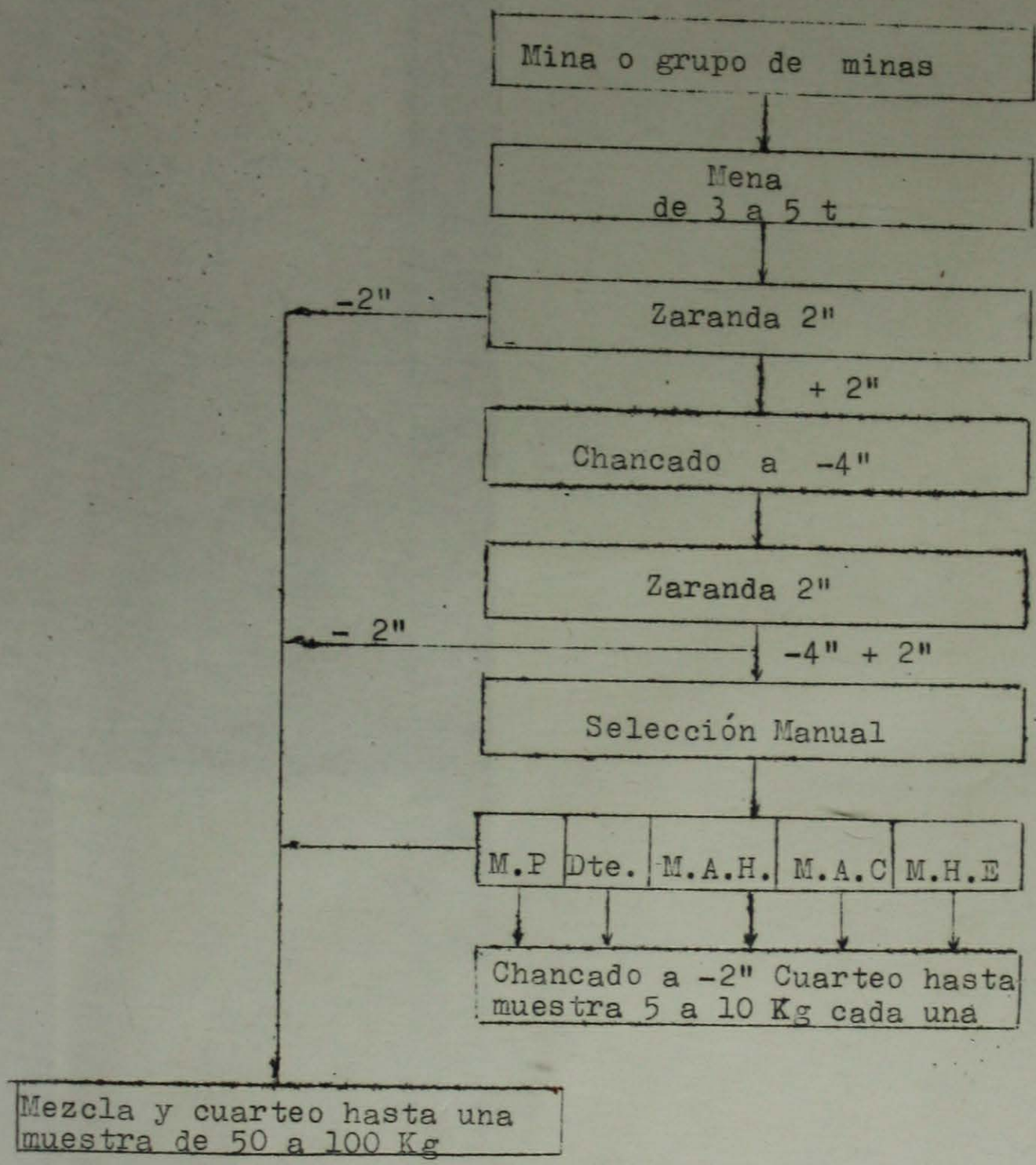
Considerando el grán número de yacimientos que podrán aportar minerales a la planta regional y teniendo en cuenta su magnitud, ubicación, comunidad en las vias de acceso y similitud de mineralización, se reunieron en cinco grupos, obteniendose de cada uno de ellos muestras de un peso aproximado a las 3,5 toneladas. Se agregaron dos muestras pertenecientes a desmontes que por su magnitud y ley se consideraron importantes. En la Tabla I se dan los pesos y las características químicas de las fracciones obtenidas en la preparación previa de estas 7 muestras: en la columna 1, el nombre con que se designó al grupo minero y las siguientes, la identificación, el peso de la de la muestra, el peso de la fracción original y finalmente, un resúmen de los análisis químicos efectuados sobre los diferentes productos.

En la Tabla II se presentan los cómputos metalúrgicos de la clasificación y selección manual de las siete muestras estudiadas.-

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

Esquema I - Clasificación y selección manual de las muestras



Referencias:

Dte. = descarte; M.P. = mineral para planta; M.A.H = mineral para alto horno; M.A.C = mineral para acerías; M.H.E = mineral para horno eléctrico.

Nota: Los resultados obtenidos aplicando este esquema se resumen en las Tablas I y II.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB T
830

Tabla II - Contenidos metalúrgicos de la selección manual

GRUPO MINERO	PRODUCTO	PESO %	LEY %	Distribución del fino %
			Mn.	Mn
POZO NUEVO (veta)	Acerias	0,8	33,9	1,4
	Alto Horno	34,0	21,8	37,5
	Para planta	60,6	19,4	59,4
	Descarte	4,6	7,2	1,7
	Original	100,0	19,8	100,0
LOS HOYOS DE CHUÑA HUASI	Alto Horno	16,2	30,6	20,0
	Para planta	77,0	25,2	78,4
	Descarte	6,8	5,9	1,6
	Original	100,0	24,8	100,0
POZO NUEVO (desmonte)	Para planta	100,0	13,5	100,0
	Original	100,0	13,5	100,0
CANA CORTADA	Acerias	7,7	40,6	12,2
	Alto Horno	3,5	35,5	4,8
	Para planta	81,5	25,7	82,1
	Descarte	7,3	3,1	0,9
	Original	100,0	25,5	100,0
LA SANTIAGUEÑA (desmonte)	Alto Horno	1,5	31,6	2,6
	Para planta	78,6	20,6	90,2
	Descarte	19,7	6,6	7,2
	Original	100,0	18,0	100,0
LA SANTIAGUEÑA (veta)	Acerias	2,9	46,0	7,2
	Alto Horno	8,8	25,6	12,2
	Para planta	73,1	19,1	75,4
	Descarte	15,2	6,3	5,2
	Original	100,0	18,5	100,0
GRUPO NORTE	Acerias	10,7	33,0	15,9
	Alto Horno	14,2	24,7	15,8
	Para planta	54,3	24,0	58,7
	Descarte	20,8	10,3	9,6
	Original	100,0	22,2	100,0

SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
BIB I
850

///

Descripción mineralógica de las muestras.

Las muestras estudiadas tienen en común su textura brechosa y la naturaleza de los minerales de manganeso que la componen. Los clastos de la brecha son de composición granítica (su tamaño va de unos pocos micrones a varios centímetros) el cemento es de color negro y está compuesto principalmente por minerales de manganeso, sílice amorfa y/o microcristalina, minerales oxidados de hierro, pequeñas cantidades de baritina y fluorita.

Los minerales de manganeso identificados con ayuda de rayos X, calcografía y determinaciones químicas, son similares en naturaleza para todas las muestras; su enumeración según órden de abundancia es la siguiente: psilomelano, criptomelano, pirolusita, poliamita y posiblemente calcofanita y ramsdelita.

La sílice coloidal o microcristalina que acompaña a los minerales de manganeso se encuetra intimamente mezclada con estos en las siete muestras estudiadas. Se estima que su tamaño medio de liberación es del órden de los 20 micrones o menos.

Además de la sílice coloidal y los clastos de roca granítica, las menas contienen cuarzo, feldespato, mica, fluorita, baritina, minerales oxidados de hierro y carbonatos de calcio y magnesio. En el mineral de Cama Cortada la calcita es el principal componente Los minerales oxidados de hierro son abundantes en la mena de Pozo Nuevo, no asi en las otras en donde están presentes en pequeñas cantidades.

///

///

4.- ENSAYOS DE TRATAMIENTO

En general la separación de los minerales de manganeso de su ganga puede efectuarse por alguno de los siguientes procedimientos: selección manual, flotación, separación magnética, concentración gravitacional o la combinación de algunos de estos. La selección manual ha sido prácticamente el único procedimiento aplicado hasta el presente en las menas estudiadas en este trabajo. El método aún cuando no exige grandes inversiones, da bajas recuperaciones, productos no uniformes y elevado costo de mano de obra, especialmente cuando la selección se realiza en trozos de pequeño tamaño.

La concentración gravitacional utilizando jigs y mesas, es el procedimiento de aplicación más común para menas de manganeso en donde la liberación de las especies valiosas se consigue en tamaño relativamente grueso y la molienda no produce excesivas lamas, las que son difíciles de recuperar por este método.

La flotación y separación magnética se aplica principalmente a las menas de manganeso en donde la liberación se consigue en tamaño fino.

Los estudios realizados sobre la importancia de los yacimientos en consideración, tonelajes cubicados, vías de acceso y costo de transporte, determinaron la posibilidad de instalar una planta regional para 100 toneladas en 24 horas ubicada en la región de Pozo Nuevo que podría ser abastecida sin dificultad por los 5 grupos de minas en que se dividió este distrito minero. La instalación de una planta única que cubra todas las necesidades de la zona obliga a aplicar esquemas de concentración que en algunas ocasiones no son los mejores para un determinado yacimiento, ya que lo buscado es lo más apropiado para el conjunto de ellos.

///

///

4.1.- Concentración gravitacional.

La separación gravitacional, empleando jigs y mesas, de minerales de manganeso con peso específico aproximado a 4,4 de una ganga cuyo peso específico es 2,7 puede efectuarse, si la liberación lo permite, con relativa facilidad, usando un cociente de criba de 2,0.

Las menas estudiadas se encuentran más o menos dentro de las especificaciones anteriores; el mineral de manganeso más importante es el psilomelano o algún miembro de su familia cuyo peso específico está entre 4,7 y 4,2. Los minerales que los acompañan tienen peso específico de aproximadamente 2,7 con excepción de algo de baritina con peso específico de 4,5 a 4,6 y algunos minerales oxidados de hierro cuyo peso específico es de 4,2 a 4,4. La baritina que se encuentra practicamente en todas las menas, no afecta mayormente la calidad de los concentrados gravitacionales debido a su bajo contenido.

En la determinación del esquema de concentración se tuvieron en cuenta las especificaciones del mercado en lo que a ley y tamaño del producto se refiere. Se consideró además, que la manera más económica de concentrar es hacerlo en el tamaño más grueso posible. Los concentrados gruesos pueden ser vendidos directamente a la industria del acero, los finos deben ser sinterizados o nodulizados previamente a su comercialización.

Para probar el esquema se empleó el mineral de Pozo Nuevo, por pertenecer este al grupo más importante; además, las características de la mena con su alto grado de intermezcla con sílice la hacen la más difícil de tratar.

///

///

Ensayo de orientación sobre la mena de Pozo Nuevo (veta).- De la muestra metalúrgica se separaron por cuarteo 30 Kg que fueron clasificados por tamaños en las siguientes clases para jigs:

	+ 1"	(tamiz agujero redondo)
-1"	+ 1/2"	(tamiz agujero redondo)
-1/2"	+ 1/4"	(tamiz agujero cuadrado)
-1/4"	+ 6#	(tamiz agujero cuadrado)
- 6#	+ 10 #	(tamiz agujero cuadrado)

El subtamaño de la malla 10 se dividió en 6 clases hidráulicas para su tratamiento en mesas. En las primeras 4 clases para jigs no se sacaron colas, obteniendose sólo concentrados y medianías, las que después de remolidas por etapas en molino de rollos se clasificaron incorporando los productos resultantes a los tamaños correspondientes del original. Recién en la 5ta. clase se cortó la primera cola, remoliendo la medianía y clasificándola para su inclusión en las clases siguientes.

De manera similar a la descripta anteriormente se trató cada una de las 6 clases hidráulicas destinadas a la concentración en mesas. La última medianía obtenida fue resuelta por cálculo. En el Esquema II se resumen estas operaciones.

Los jigs utilizados para efectuar este trabajo fueron del tipo Harz con descarga de concentrados por arriba de la criba. Para el tratamiento de las 4 primeras clases hidráulicas se utilizó una mesa de arenas y una de lamas para las tres restantes. En las Tablas III, IV y V se resumen los resultados de estas pruebas.

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

ESQUEMA II PRUEBA DE ORIENTACION

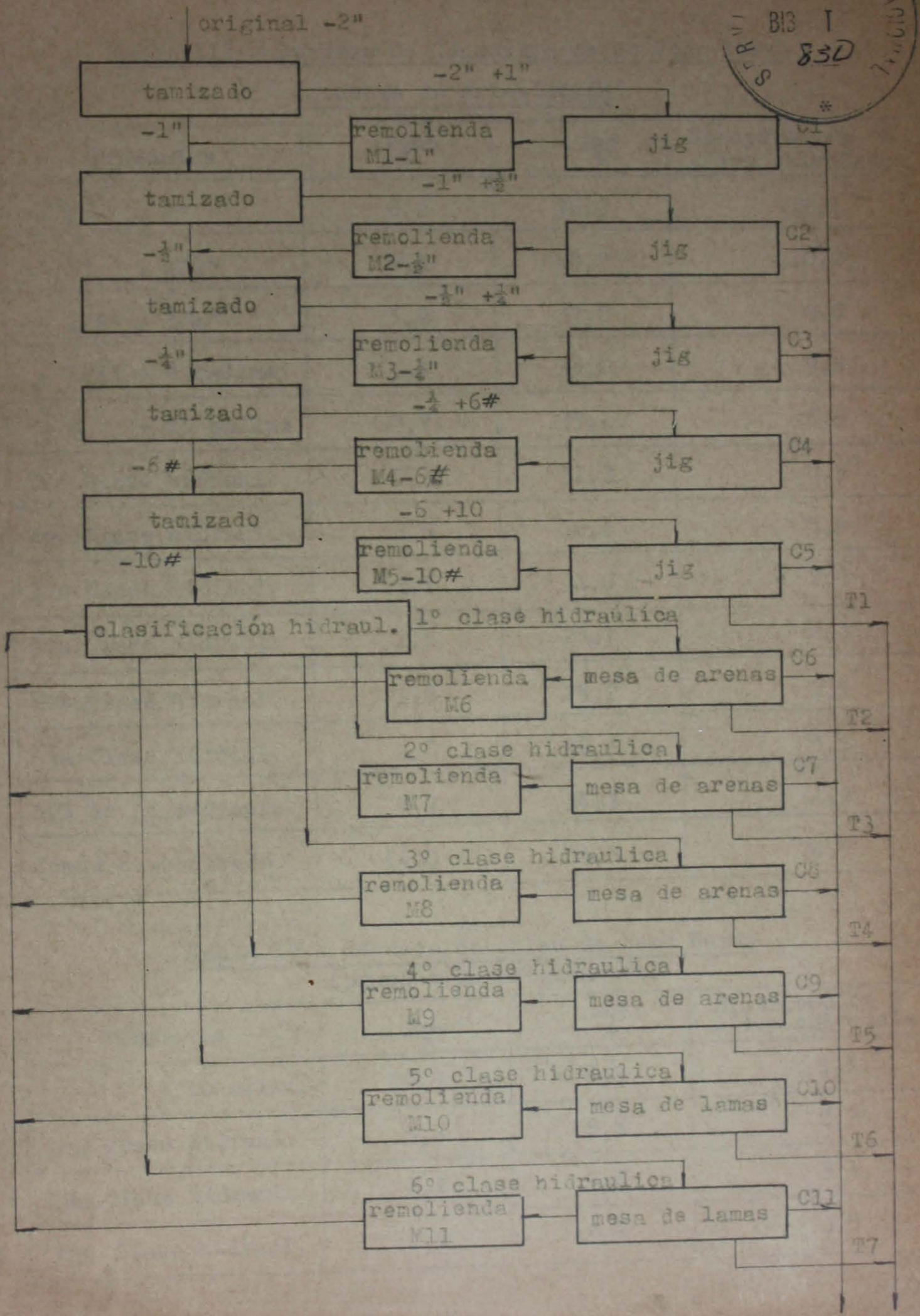


Tabla III - Resumen de Concentrados de Pozo Nuevo

(pruebas de orientación

Productos	Peso %	Ley %	Recuperación % s/ley calculada
- 2" + 1"	6,2	36,3	11,1
- 1" + 1/2"	5,1	40,9	10,2
- 1/2" + 1/4"	5,2	37,2	9,6
- 1/4" + 6 mallas	5,4	35,0	9,5
- 6 + 10 mallas	3,7	35,1	6,5
1ra.Clase hidraul.	5,3	32,3	8,5
2da.Clase hidraul.	3,5	32,4	5,5
3ra.Clase hidraul.	1,7	31,0	2,5
4ta.Clase hidraul.	1,6	28,7	2,3
5ta.Clase hidraul.	1,8	28,2	2,5
6ta.Clase hidraul.	3,8	26,9	5,1
50% de la medianía	0,7	34,3	1,2
Común concentrado	44,0	34,3	74,5

Tabla 1V - Resumen de colas de Pozo Nuevo

(pruebas de orientación)

Productos	Peso %	Ley %	Distribución % s/ley calculada
- 6 + 10 mallas	12,5	8,9	5,5
1ra.Clase hidraul.	5,3	8,8	2,3
2da.Clase hidraul.	8,1	7,6	3,1
3ra. Clase hidraul.	7,2	9,8	3,5

///

///

Continuación de Tabla IV.

Productos	Peso %	Ley Mn %	Distribución % s/ley calculada
4ta.Clase hidraul.	6,3	9,3	2,9
5ta.Clase hidraul.	5,2	8,3	2,1
6ta.Clase hidraul.	9,7	10,6	5,1
50% de la medianía	1,7	14,2	1,0
Común cola	56,0	9,2	25,5

Tabla V - Resumen general de las pruebas de orientación sobre Pozo Nuevo

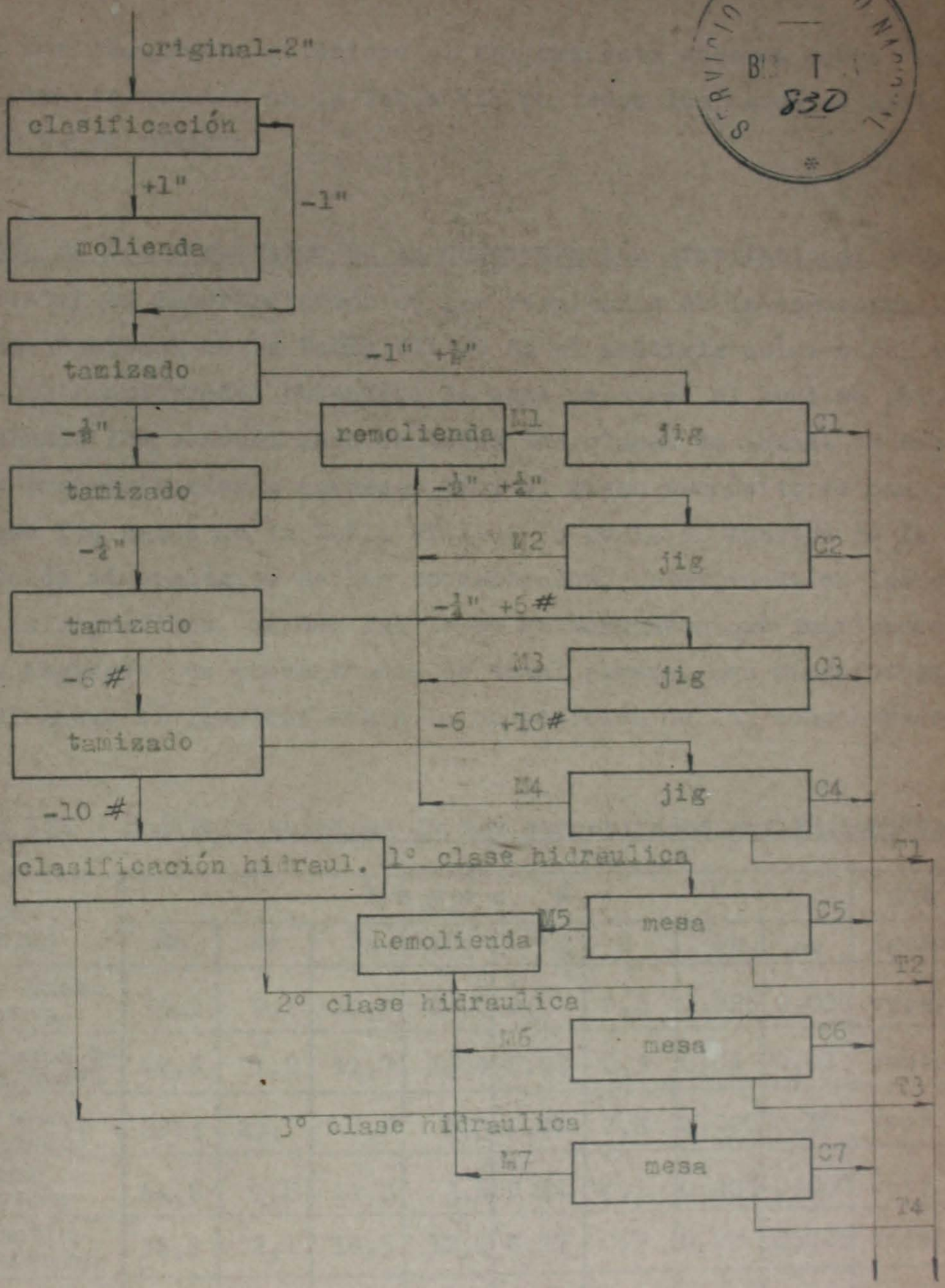
Producto	Peso %	Ley Mn %	Distribución % s/ley calculada
Concentrados	44,0	34,3	74,5
Colas	56,0	9,2	25,5
Original Calculado	100,0	20,2	100,0

Elaboración de un esquema tipo.- El esquema de orientación es demasiado elaborado para una planta de 100 t/24 hs como sería la proyectada, pero los resultados obtenidos dan la información necesaria para reducirlo de manera adecuada. En el esquema tipo (Esquema III)se eliminó la clase -2" + 1"considerando que en la mayoría de las menas a estudiar había poca liberación en este tamaño; las clases hidráulicas se redujeron a tres teniendo en cuenta la capacidad industrial de las mesas utilizadas para este fin; finalmente, las medianías fueron remolidas en dos etapas en lugar de once como en el esquema de orientación.

///

ESQUEMA II: PRUEBA TIPO

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
B I
830



///

Los resultados obtenidos al aplicar este esquema sobre las 7 muestras, se resumen en la Tabla VI; en todos los casos se utilizaron 30 Kg de muestra.

Discusión de los resultados de la concentración gravitacional.- Para facilitar la interpretación de los resultados de la concentración gravitacional en la Tabla VII se dá el análisis químico del común de los concentrados obtenidos de cada muestra, el cual se obtuvo mezclando los concentrados de todas las clases de tamaño en cantidades proporcionales a sus pesos. Con el mismo propósito se han calculado los datos de la Tabla VIII en la cual, en función de la composición mineralógica de los concentrados, determinada en los estudios calcográficos, se dan las leyes en manganeso que teóricamente podrían lograrse en concentrados de total pureza. Las microfotografías del Anexo II ilustran sobre la composición de los concentrados.

Tabla VII - Análisis químicos de los concentrados gavitacionales

GRUPO MINERO	Leyes %								g/t
	Mn	Fe	Ba	SiO_2	WO_3	S	Pb	Zn	Ag+Au
Pozo Nuevo (veta)	33,0	9,1	10,0	12,0	0,9	0,3	0,025	0,025	vest.
Los Hoyos de Chuña Huasi	40,6	1,2	11,7	10,4	0,01	0,3	0,01	0,01	vest.
Pozo Nuevo (desmonte)	22,3	23,7	6,6	6,3	0,01	0,3	0,025	0,50	vest.
Cama Cortada	44,8	0,8	12,8	3,5	0,14	0,1	0,025	0,050	vest.
La Santiagueña(veta)	38,0	2,1	10,5	12,0	0,17	0,2	0,25	0,025	vest.
La santiagueña(desm.)	43,5	2,3	7,0	10,3	0,09	0,2	0,025	0,025	vest.
Grupo Norte.	38,2	0,8	8,9	18,2	0,36	0,3	0,05	0,050	vest.

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
850

///

Tabla VIII - Ley máxima teoricamente alcanzable por los concentrados de Manganeso

GRUPO MINERO	Psilomelano en concentrado %	Pirolusita en concentrado %	Ley en Mn del concentrado libre de ganga %
Pozo Nuevo (veta)	59,2	3,7	43
Los Hoyos de Chuña Huasi	72,4	4,9	53
Cama Cortada	86,4	0,3	52
La Santiagueña(veta)	64,1	6,4	54
La Santiagueña (desmonte)	48,7	27,8	58
Grupo Norte	53,6	16,1	55

Las recuperaciones obtenidas con la mena de Pozo Nuevo (veta) 70,2 % y desmonte 68,2 %) son más bajas que las consideradas normales (aproximadamente 75 %) en el tratamiento de minerales de manganeso por concentración gravitacional. El fino grado de intermezcla entre ganga y minerales de manganeso es la principla fuente de esta anomalía, condición que se ilustra en las microfotografías de Anexo II que pertenecen a diferentes fracciones de tamaño y/o productos. Para aumentar la recuperación debería sacrificarse la ley de los concentrados, aumentando simultaneamente su contenido de sílice que ya es bastante elevado. Con las menas de La Santiagueña (veta y desmonte) y Grupo Norte se alcanzan recuperaciones mayores que con el grupo anterior y pueden considerarse buenas dentro de lo que se puede esperar de la concentración gravitacional de este tipo de menas; lo mismo que para Pozo Nuevo, su principal problema es el fino tamaño de liberación entre sílice y minerales de manganeso, como lo muestran las microfotografías en Anexo II. Finalmente las recuperaciones de las menas de Cama Cortada y Los Hoyos de Chuña Huasi son exepcionalmente buenas; el mineral es compacto y practicamente libre de ganga (ver fotografías en Anexo II)

///

///

Las leyes de los concentrados de Pozo Nuevo, veta 33,0 % y desmonte 22,3 %, son bajas si se tiene en cuenta que el contenido de sílice no es más que el 12,0 % y 6,3 % respectivamente; el principal responsable de esto es el hierro, (9,1 %) que forma parte de los concentrados como criptomelano o minerales oxidados de ese elemento.

En la primera fila de la Tabla VIII se ha calculado la ley hipotética que tendría un concentrado de este mineral compuesto solamente por psilomelano, pirolusita y goethita. Para efectuar estos cálculos se tuvieron en cuenta los análisis químicos de la Tabla VII y otros que no se mencionan aquí, estudios calcográficos y rayos X. Si en lugar de ser psilomelano la principal especie mineralógica fuere criptomelano, la ley máxima alcanzable por el concentrado libre de ganga sería del órden del 40 %, si se tratara de una mezcla de ambas especies la ley oscilaría entre 40 y 43 %. La obtención de concentrados de mayor ley, que la obtenida con la concentración, implicaría la eliminación de parte de la silice y el hierro presente como goethita; la primera puede separarse si se logra su liberación; en cuanto a los minerales de hierro su peso específico es muy parecido al de los de manganeso por lo que gravitacionalmente no es posible su separación.

Las leyes de manganeso en los concentrados de Los Hoyos de Chuña Huasi, La Santiagueña (veta) y Grupo Norte son entre 10 y 15 puntos más bajas que las calculadas en la Tabla VIII, aceptando la hipotesís de que prácticamente se pueden considerar como únicos minerales presentes el psilomelano y la pirolusita. En estos casos valen las observaciones hechas sobre la silice para Pozo Nuevo. Las microfotografías presentadas en Anexo II muestran partículas de concentrados en donde la silice se encuentra intermezclada con el mineral valioso.

///

///

La mena de Cama Cortada es la más facil de concentrar. Esto se debe a su favorable composición mineralógica y su relativamente grueso tamaño de liberación. Las microfotografias del Anexo II muestran algunos trozos de concentrados de donde prácticamente la liberación es total.

El desmonte de La Santiagueña es un caso que debe considerarse por separado. Se observa en la Tabla VI que con esta mena se obtienen mejores leyes y recuperaciones que para la mena de veta; esto tiene su explicación en el mayor contenido de pirolusita del desmonte y una liberación de la silice en tamaño más grueso.

El azufre presente en los concentrados proviene de la baritina que se encuentra intermezclada con los minerales de manganeso y ganga. A diferencia de la sílice, este mineral se libera de los de manganeso en tamaño relativamente grueso. Debido a que la baritina tiene un peso específico muy parecido a los minerales de manganeso presentes en estas menas no es posible separarla utilizando métodos gravitacionales. Afortunadamente parte de este mineral se elimina en la concentración debido a que está ligado a la ganga en los tamaños en que se efectúa el tratamiento. La parte de la baritina que queda ligada a los concentrados de manganeso es lo suficientemente elevada como para que el contenido de azufre esté muy cerca o sea algo superior al límite máximo admitido por la siderúrgia.El bario presente forma parte de la baritina y de los minerales de manganeso (criptomelano).

En Tabla IX se resumen las leyes y recuperaciones de las fracciones de los concentrados que cumplen con las especificaciones de tamaño exigidas por la siderúrgia.

////

Tabla IX - Manganeso recuperado en tamaños superiores a 5 mm.

GRUPO MINERO	Tamaño del concentrado	Ley %	Recup. %	% del fino total recup.
Pozo Nuevo (veta)	-1" + 1/4"	36,6	20,0	28,5
Los Hoyos de Chuña Huasi	-1" + 1/4"	39,0	29,4	34,3
Pozo Nuevo (desmonte)	-1" + 1/4"	23,4	13,4	19,7
Cama Cortada	-1" + 1/4"	45,9	57,0	63,9
La Santiagueña(desmont.)	-1" + 1/4"	45,2	42,7	52,6
La Santiagueña (veta)	-1" + 1/4"	43,2	30,7	40,7
Grupo Norte	-1" + 1/4"	37,4	33,7	43,3

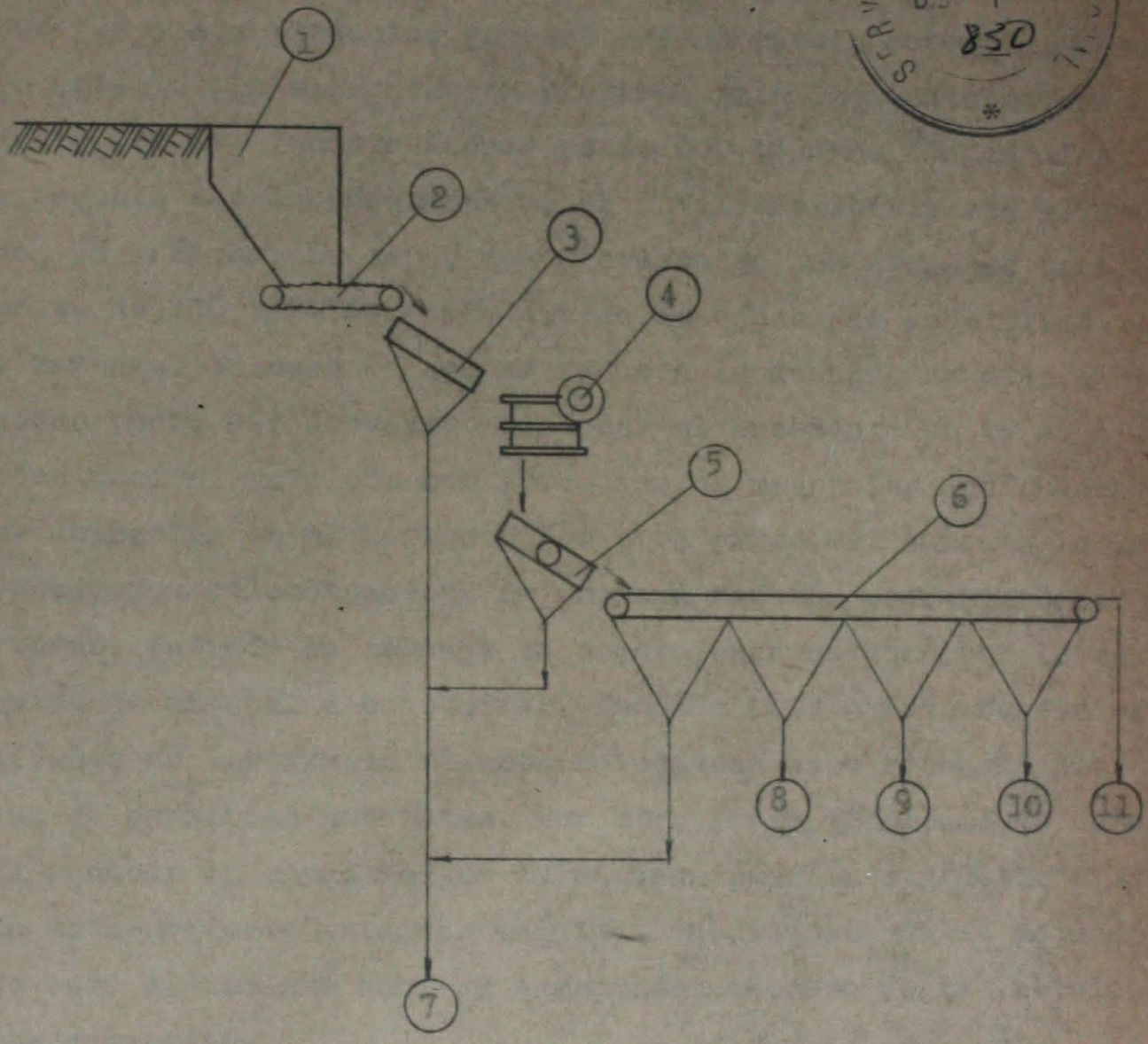
La columna "Recuperación %" fue calculada con respecto al fino total de la muestra. En la última columna se relaciona el fino contenido en el respectivo tamaño con el fino total en los concentrados. Estos datos indican que una elevada fracción de los concentrados obtenidos no son aptos para utilizarlos en siderúrgia sin una sinterización previa.

Esquema para la planta de selección manual.- La liberación en tamaño grueso de los minerales de manganeso y la posibilidad de comercializar estos con contenidos desde el 22 %, crean la posibilidad de que parte del mineral pueda seleccionarse manualmente en forma económica. Esta es la razón por la que el esquema industrial para el tratamiento de 100 t en 24 horas se presenta dividido en dos secciones para las 3 soluciones estudiadas. La primera (Esquema IV) incluye la trituración primaria, clasificación por tamaño y selección manual, con una capacidad de 100 t en 8 horas. Este esquema puede anteponerse lo mismo a una sección de concentración gravitacional que de flotación.

///

ESQUEMA IV– SELECCION MANUAL

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
B3 I
850



Referencias:

1.- Tolva para material grueso
2.- Apron Feeder de 24" x 9'
3.- Parrilla fija 3' x 6'
4.- Trituradora de mandíbulas de 10" x 20"
5.- Zaranda vibratoria 2' x 6'
6.- Correa transportadora de 22" x 35'
7.- Mineral para planta
8.- Descarte
9.- Mineral para horno eléctrico
10.- Mineral para acerías
11.- Mineral para alto horno

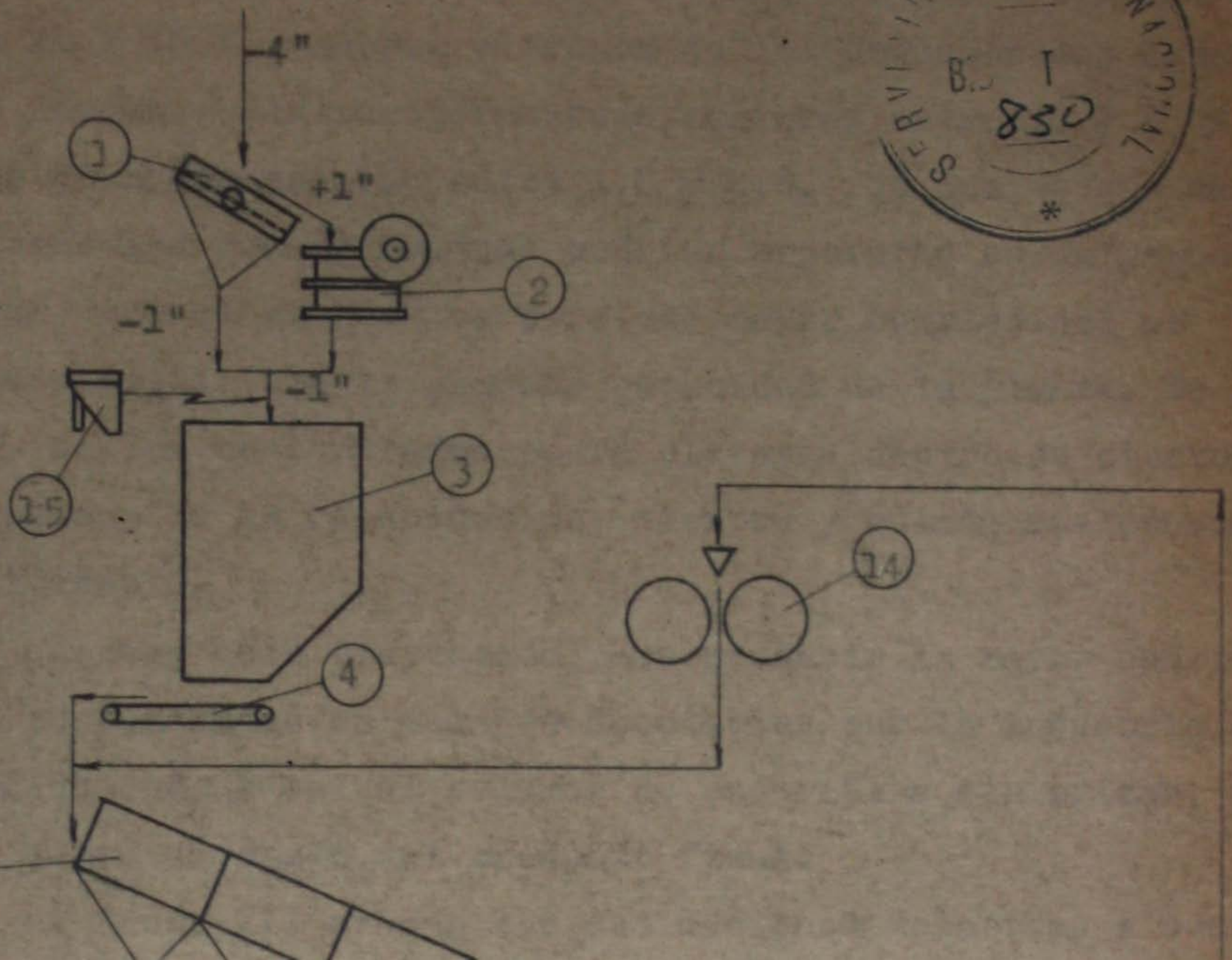
///

Esquema para una planta de concentración gravitacional.- La alimentación de esta segunda sección estará constituida por la fracción más fina que 2" y los productos gruesos que no pueden comercializarse sin tratamiento. La alimentación prevista para las instalaciones en el estudio del Dr. Vicente Padula es de 100 t/24 hs. En término medio la segunda sección(Esquemas V, VI y VII) recibiría una alimentación de 75 t/24 hs. La capacidad prevista en los esquemas para esta sección es de 100 t/24 hs. Este exceso de capacidad se explica por varias razones. En caso de que se reduzca la demanda de mineral para alto horno podrá ser necesario elaborar el excedente en la sección de concentración para obtener productos de mejor ley que puedan encontrar ubicación en el mercado. Por otra parte, si aumenta la demanda de productos seleccionados, la primera sección podrá trabajar más de un turno, estando la segunda en condiciones de absorber la mayor producción de mineral a concentrar. También el distinto rendimiento en calidades de los grupos mineros estudiados hace recomendable las reservas de capacidad previstas. Por otra parte, técnicamente resulta dificil reducir la capacidad de la segunda sección sin desmejorar el esquema metalúrgico o utilizar maquinas de dimensiones no estándar, recurso este último que hubiera aumentado el costo de la instalación de menor capacidad.

La extracción de los distintos productos de la primera sección se estudiará cuando se elabore el proyecto de la planta, tomando en cuenta la frecuencia de los despachos, facilidades de embarque en la estación ferroviaria, lugar disponible para el desmonte de colas y otros factores que intervienen en la desición. Inevitablemente los productos a concentrar deberán acumularse en una tolva de una capacidad no menor de 100 toneladas, de donde serán extraidos para su transporte a la planta de concentración.

///

ESQUEMA V_ CONCENTRACION GRAVITACIONAL



SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
B. I
850

///

La ley media de los concentrados de la segunda sección oscilará entre 20 y 46 %, valores extremos de los concentrados obtenidos en los ensayos. Las recuperaciones variarán entre 70 y 89 % y las razones de concentración entre 1,8 y 2,6. Se admite que tanto las leyes como las recuperaciones podrían mejorarse en un esquema más elaborado que el propuesto, pero esa mayor complejidad no se considera compatible con la pequeña capacidad de la planta. En todo caso la ley de los concentrados podrá elevarse dentro de ciertos límites a expensas de la recuperación, siempre y cuando sea económicamente justificable.

El esquema está proyectado para producir la mayor cantidad posible de concentrados en tamaños aceptables por la industria siderúrgica, reduciendose asi el volumen de material a sinterizar, operación que eleva el costo del producto final.

En el Anexo III se dan las estimaciones relativas a costos de inversión y operación de las instalaciones destinadas a la selección manual y concentración.

4.2.- Pruebas de flotación.

El objeto de estas pruebas ha sido averiguar el comportamiento en flotación de las menas en consideración. Es una cosa comprobada que la flotación por espuma de los minerales de manganeso da resultados tan variables como son sus composiciones.
Los colectores empleados son de la familia de los ácidos grasos o sus sales sólidas y en general se usan acompañados de algún agente emulsor.

Teniendo en cuenta el destino de los ensayos de este trabajo se aplicó a todas las muestras un único esquema de flotación utilizando para todos los casos los mismos tipos y cantidades de reactivos. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla X.

Tabla X - Resumen de los resultados de las flotaciones por espuma

Tipo de flotación	Muestra Nº	Grupo Minero	Producto	Peso producto en gr	Distribuc. del peso en %	Ley de Mn en %	Fino gr	Distribuc. del fino en %
FLOTACION POR ESPUMA	5	Pozo Nuevo	Concentrado	176	17,3	28,1	49,5	25,3
			Cola	850	82,7	17,2	146,0	74,7
	9	Los Hoyos de Chuña Huasi	Concentrado	600	59,4	32,3	193,8	77,7
			Cola	410	40,6	13,6	55,7	22,3
	10	Pozo Nuevo	Concentrado	250	24,8	19,6	49,0	36,9
			Cola	757	75,2	11,1	84,0	63,1
	15	Cama Cortada	Concentrado	309	31,3	21,8	67,3	26,4
			Cola	677	68,7	27,6	187,0	73,6
	18	La Santiagueña	Concentrado	570	57,8	27,6	157,2	74,6
			Cola	415	42,2	11,5	53,8	25,4
	23	La Santiagueña	Concentrado	335	33,0	30,0	100,5	52,5
			Cola	675	67,0	13,5	91,1	47,5
	27	Grupo Norte	Concentrado	295	29,0	34,5	102,0	42,3
			Cola	730	71,0	19,0	139,0	47,7

///

Los consumos y naturaleza de los reactivos usados en estas pruebas fueron:

Colector	Acido oleico	1000 g/t
Emulsor	Reactivo 825 de la American Cyanamid	100 g/t
Modificador del pH	Acido sulfúrico	500 g/t

Las observaciones precedentes con respecto a la flotación de los minerales de manganeso quedan claramente confirmadas con estos resultados. Las menas de Los Hoyos de Chuña Huasi y La Santiagueña (desmonte) se han comportado aceptablemente bien si se tiene en cuenta que, dado el carácter comparativo de estas series, no se han efectuado limpiezas y que las cantidades de reactivos utilizadas pueden no ser las más apropiadas. Para las menas de los otros grupos mineros el método ha dado resultados pobres o negativos.

Otro procedimiento cuya aplicación en problemas similares a este ha dado resultados satisfactorios es la flotación aglomerante en la que, además del colector y emulsor empleado en el tratamiento por espuma, se utiliza grandes cantidades de algún aceite hidrocarburo o mezcla de estos para ayudar la colección y mejorar la selectividad. En Tabla XI se resumen los resultados obtenidos en la aplicación de este procedimiento a las menas estudiadas.

Los resultados de Tabla XI se consideran aceptables teniendo en cuenta que las condiciones en que se efectuaron las pruebas pueden no ser las óptimas. Considerando la uniformidad de respuesta de todas las menas a este método de flotación, los estudios se continuaron empleando una muestra única proveniente de mezclar todas ellas en cantidades proporcionales a las cubicaciones de sus yacimientos. La mejor prueba de una serie en donde se estudió el tiempo de acondicionamiento y diferentes combinaciones de colector con emulsor y aceite neutro, se resumen en la tabla siguiente.

///

Tabla XI - Resumen de los resultados de las flotaciones aglomerantes

Tipo de flotación	Muestra Nº	Grupo Minero	Producto	Peso producto en gr	Distribuc. del peso en %	Ley de Mn en %	Fino gr	Distribuc. del fino en %
FLOTACION AGLOMERANTE	5	Pozo Nuevo	Concentrado	345	35,5	36,7	126,5	68,5
			Cola	627	64,5	9,3	58,2	31,5
	9	Los Hoyos de Chuña Huasi	Concentrado	434	44,8	37,4	162,5	68,0
			Cola	532	55,2	14,4	76,6	32,0
	10	Pozo Nuevo	Concentrado	271	28,0	28,4	76,8	58,0
			Cola	698	72,0	8,0	55,8	42,0
	15	Cama Cortada	Concentrado	665	67,8	32,9	218,8	87,5
			Cola	314	32,2	10,0	31,4	12,5
	18	La Santiagueña	Concentrado	488	49,7	37,1	181,1	89,0
			Cola	493	50,3	4,6	22,6	11,1
	23	La Santiagueña	Concentrado	423	42,4	36,6	154,6	80,2
			Cola	575	57,6	6,4	36,8	19,8
	27	Grupo Norte	Concentrado	469	47,2	38,9	182,5	71,4
			Cola	523	52,8	10,8	56,3	28,6

Tabla XII - Flotación aglomerante del común de las menas

Grupo Minero	Procedimiento de Concentración	Producto	Peso %	Ley %	Distribuc. del fino %
COMUN	Flotación Aglomerante	C	35,0	40,4	66,8
		M_3	2,1	31,9	3,1
		M_2	2,0	26,7	2,5
		M_1	8,9	17,7	7,4
		T	52,0	8,2	20,2
		Original	100,0	21,4	100,0

Estos resultados no deben considerarse como definitivos, ya que las variables que intervienen en este tipo de flotación no han sido estudiadas exaustivamente por considerarse que las pequeñas mejoras que podrían lograrse no afectarían al fondo del problema.

Las cantidades de reactivos consumidas fueron:

Colector	Acido oleico	1000 g/t
Emulsor	Reactivo 825 de la American Cyanamid	400 g/t
Diesel oil Fuel oil	Aceites neutras	10000 g/t

Discusción de los resultados de la flotación.- La flotación por espuma utilizando cantidades normales de reactivos, no es un procedimiento que pueda aplicarse con resultados satisfactorios para todas las menas de manganeso tratadas en este estudio. Las investigaciones mineralógicas y químicas efectuadas sobre colas y concentrados de flotación de las distintas menas estudiadas parecen indicar que las

///

///

razones de este fenómeno dependen de la composición química y/o condiciones de cristalización de las especies mineralógicas. Esto al parecer se traduce en una apreciable: variación de textura observable al microscópio; los minerales de textura fina son muy abundantes en los concentrados y los de textura gruesa en las colas, aun perteneciendo ambos a una misma especie mineralógica. La dificultad para explicar las anomalías encontradas reside principalmente en lo poco que se conoce sobre la relación entre flotación y naturaleza de los minerales de manganeso. Si en Tabla XII se considera que el 50 % de las medianías con un contenido de manganeso similar al del original, entran a formar parte del concentrado con leyes iguales a las de este, en una planta de flotación contínua se conseguirán recuperaciones de 69,6 % con leyes de 40,4 % y una razón de concentración de K = 2,62. El concentrado con esta ley tiene 0,3 % de azufre, 4,5 % de sílice, 2,1 % de bario, 5% de hierro y 10 % de calcita; esta, que proviene de la mena de Cama Cortada, puede eliminarse flotándola previamente usando ácido oléico como colector y almidón como depresor de los minerales de manganeso. En una prueba en la que se ensayó este procedimiento, usando para la misma las condiciones de las pruebas de la Tabla XII, se obtuvieron concentrados con 46,5 % de ley y 72,0%de recuperación. Las recuperaciones obtenidas con la flotación aglomerante se consideran bajas; se estima posible elevarlas con una adecuada dosificación de los reactivos. El 40,5 % o 46,5 % de manganeso de los concentrados sin y con previa flotación de la calcita respectivamente, se consideran aceptables. La ganga presente en estos últimos es exclusivamente sílice ligada en tamaño fino En el Anexo II se muestran algunas microfotografías de diferentes productos de las flotaciones por espumas y aglomerante; en algunas se observa sílice que aun permanece ligada en este tamaño.

///

Característica de una planta de flotación para tratar 100 t/24 hs.

El Esquema VI dimensionado para tratar 100 t/24 hs, corresponde a la realizazación en escala industrial de la prueba de laboratorio cuyos resultados se resúmen en la Tabla XII. Con el mismo podrían obtenerse concentrados con leyes superiores al 40,0 % y recuperaciones del 69,6 % o bien leyes del 35,0 % para recuperaciones de 80 % tratando una mezcla de las menas estudiadasen cantidades proporcionales a las respectivas cubicaciones. Estos resultados pueden ser mejorados si se realiza una flotación previa de la calcita presente. La suposición hipotética de emplear como mena a un común de los grupos mineros no altera apreciablemente las características de la planta debido a que los resultados de la flotación aglomerante no son afectados visiblemente por el cambio de composición de la mena, ver Tabla XI.

4.3.- Concentración gravitacional-flotación.

La combinación de ambos procedimientos aplicando según el EsquemaVII sobre un común de las muestras, dió los resultados de la Tabla XIII.

Tabla XIII Resultados de la concentración gravitacional-flotación

Procedimiento	Producto	Peso %	Ley %	Distribuc.del fino%	
				Parcial	Acumulat.
Concentrac. gravitacion.	Concentrado	28,2	40,5	51,0	51,0
	Cola	25,0	7,2	8,2	59,2
Flotación	Concentrado	17,7	43,0	34,3	93,5
	Cola	29,1	5,2	6,5	100,0
	Original	100,0	22,3	100,0	---

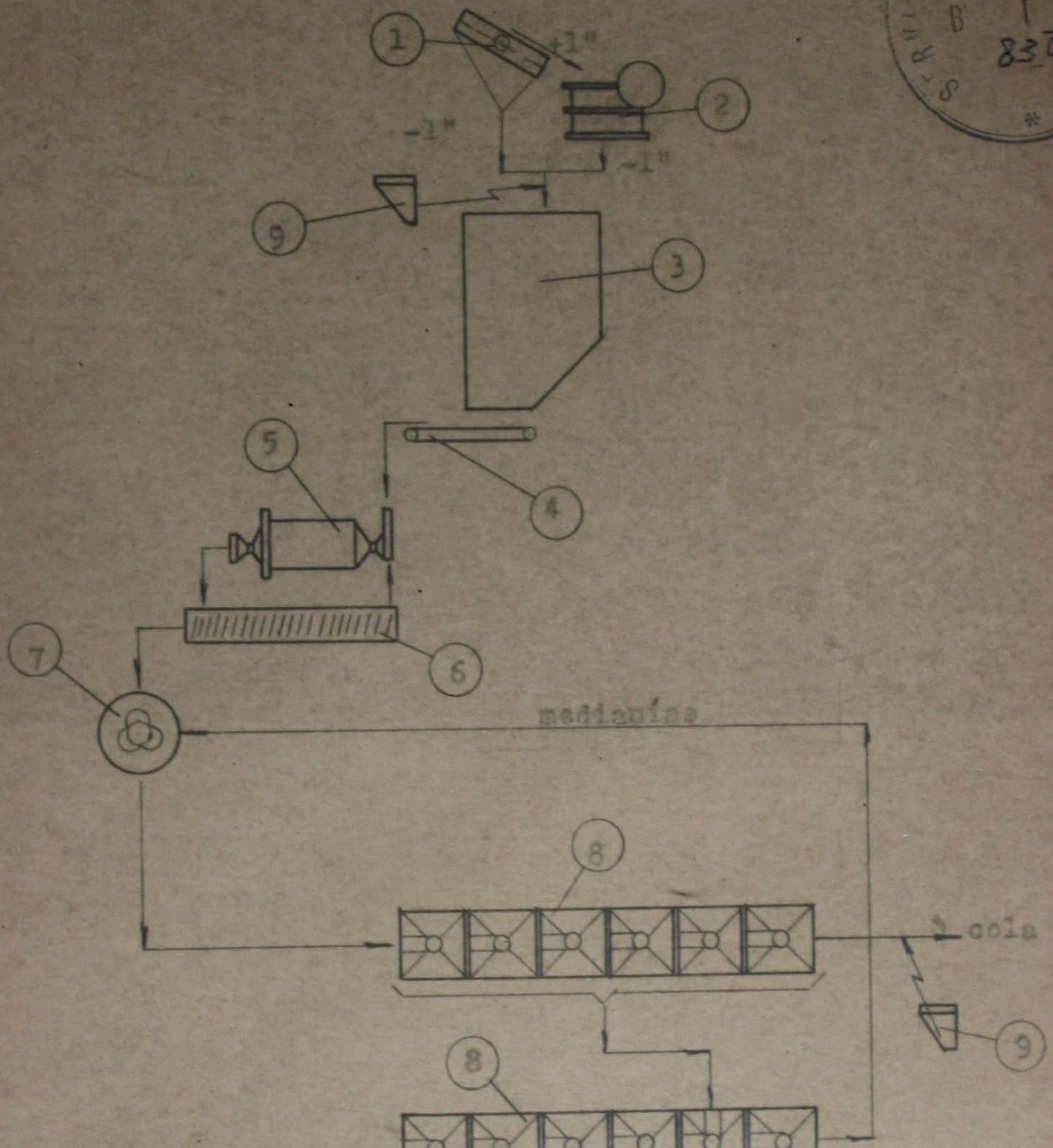
La flotación se efectuó sobre los finos de la concentración gravitacional previa separación de la calcita tal como se indicó anteriormente. Este esquema aventaja al de concentración gravitacional en recuperación de los finos, mejorando las leyes y recuperaciones finales y al de flotación puraen la posibilidad de obtener una parte de los concentrados en tamaños negociables sin sinterización previa. El consumo de reactivos en la flotación fue de:

Colector	Acido oléico	500 g/t
Emulsor	Reactivo 825 de la American Cyanamid	200 g/t
Aceites neutros	Fuel oil Diesel oil	4000 g/t

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
B I
83D

ESQUEMA VI — FLOTACION



En Tabla XIV se comparan los resultados de los tres procedimientos.

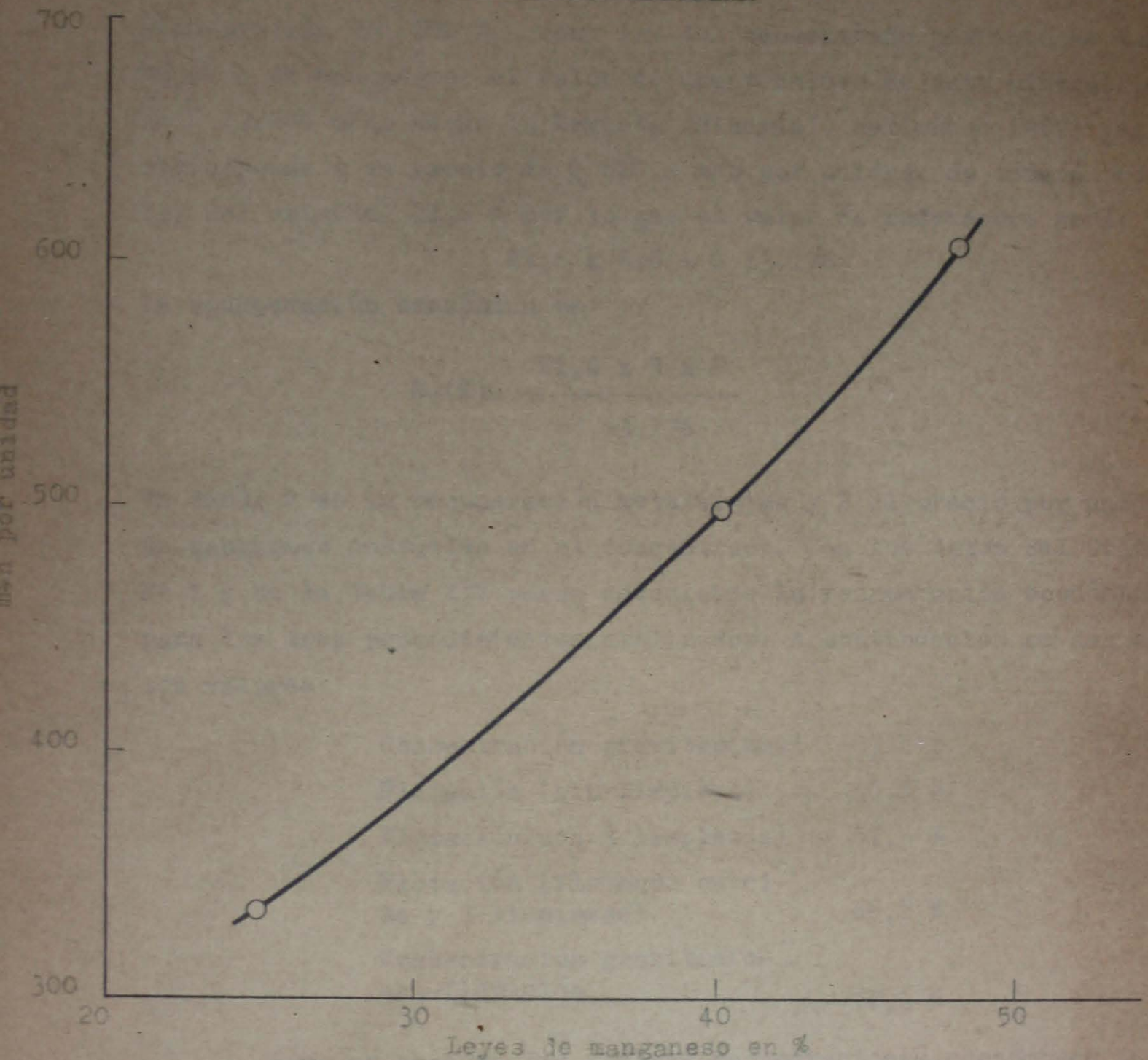
Tabla XIV - Resultados de concentración gravitacional, flotación y concentración gravitacional-flotación

		Ley %	Recuperación %	Razón de concentr.	Costo por tonelada tratada m$n
Concent. gravitac.		37,2	78,0	2,23	1770
Flotación	sin limpiezas	35,0	80,0	2,09	2500
	con 3 limpiezas	40,4	69,6	2,64	2600
	3 limpiezas flot. calcita	46,5	72,0	2,97	2800
Concentración gravitac.-flotac.		41,	85,3	2,18	2228

Los datos de la concentración gravitacional fueron calculados con ayuda de la Tabla VI y las cubicaciones estimadas para los grupos mineros.

Valorización de los resultados metalúrgicos.- La figura 1 relaciona el valor de la unidad de fino contenido con la ley de los concentrados de manganeso. Como se ve, el valor de aquella aumenta considerablemente con la ley de los concentrados de tal manera que en el tratamiento puede ser conveniente enriquecer el concentrado a expensas de la recuperación. Para casos como este en donde la unidad de fino no tiene un valor constante, no bastan los criterios de ley y recuperación para comparar pruebas. En estos casos puede utilizarse el concepto de recuperación económica, que es la relación entre el valor del concentrado obtenido de una tonelada de mena y el del concentrado perfecto que teóricamente podría obtenerse de la misma con una

Figura 1 - Relación entre el valor unitario y la ley de los concentrados



///

recuperación del 100 %. Como ley del concentrado perfecto se tomará 48 % de manganeso; el valor de una tonelada de este mineral es de $ 29.280 m/n, según la Revista "Minería", setiembre 1967; esto corresponde a un precio de $ 610.= m/n por unidad. Se tomará como ley del original 21,6 % por lo que el valor de referencia será:

$$21,6 \times 610 = \$\ 13.176$$

La recuperación económica es:

$$R_e(\%) = \frac{21,6 \times R \times P}{13.176}$$

En donde R es la recuperación metalúrgica y P el precio por unidad de manganeso contenido en el concentrado. Con los datos del Gráfico Nº 1 y de la Tabla XIV puede calcularse la recuperación económica para los tres procedimientos utilizados. A continuación se dan estos valores:

Concentración gravitacional	57,8 %
Flotación (sin limpieza)	56,4 %
Flotación(con 3 limpiezas)	57,6 %
Flotación (flotando calcita y 3 limpiezas)	68,2 %
Concentración gravitacional-flotación	72,1 %

Como se observa las mejores recuperaciones económicas se obtienen para la flotación con separación previa de calcita y la concentración gravitacional-flotación. Es necesario aclarar que tanto para los casos de concentración gravitacional sola y concentración gravitacional - flotación, no se ha tenido en cuenta que existen algunos concentrados pertenecientes a diferentes clases de tamaño cuya ley es superior a la media y que, por lo tanto, la recuperación económica debiera ser más elevada que la indicada aquí.

Costo de producción.- El costo de producción por unidad de fino puesto en el lugar de venta se compone de los siguientes términos: Razón de concentración K, costo de explotación por tonelada de mineral M, costo de tratamiento por tonelada de mena P, costo de transporte por tonelada de concentrado T y ley del concentrado Lc. Estos se relacionan de la siguiente manera:

$$C = \frac{K\,(M + P) + T}{Lc}$$

Solamente para fines de comparación haremos K. P y Lc igual a los valores dados en Tabla XIV, M = $ 1.500 y T = $ 200. Los resultados obtenidos de aplicar esta formula para los tres casos dados en la Tabla XIV son:

Concentración gravitacional	$ 209 el punto
Flotación (sin limpiezas)	$ 245 el punto
Flotación (con 3 limpiezas)	$ 273 el punto
Flotación (flotando la calcita y 3 limpiezas)	$ 279 el punto
Concentración gravitacional-flotación	$ 201 el punto

Elección del esquema de tratamiento.- De la comparación de las recuperaciones metalúrgicas, económicas y costos de producción de la unidad de fino para las tres instalaciones consideradas, resulta que el procedimiento más conveniente es la concentración gravitacional-flotación precedida por una sección de selección manual. Este conjunto tendrá elasticidad operativa tanto frente a las variaciones de la alimentación como ante los cambios del mercado nacional de manganeso.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB. T
830

4.4.- Separación magnética.

La concentración magnética de los minerales de manganeso s. lo es posible utilizando separadores de alta intensidad debido a la baja permeabilidad magnética de estos minerales. Existen dos procedimientos para efectuar la operación, la separación megnética de alta intensidad en seco y la separación magnética de alta intensidad en húmedo; de estos, el primero se ha probado en este estudio con los resultados que se muestran en las Tablas XV y XVI.

Tabla XV - Resumen de los concentrados de la separación magnética

Malla	Peso %	Ley %	Recuperación del fino %	
			Parcial	Acumulativa
- 10 + 14	15,4	33,6	23,6	23,6
- 14 + 28	24,5	32,8	36,5	60,1
- 28 + 50	9,9	35,7	15,9	76,0
- 50 + 100	7,2	27,3	9,1	85,1
- 100 + 200	4,3	24,4	4,5	89,6
	61,3	32,1	89,6	---

///

Tabla XVI - Resúmen de las colas de la separación magnética

Malla	Peso %	Ley %	Distribución del fino %	
			Parcial	Acumulativa
- 10 + 14	9,3	4,4	1,8	1,8
- 14 + 28	13,8	2,9	1,8	3,6
- 28 + 50	4,7	3,5	0,4	4,0
- 50 + 100	2,7	2,9	0,4	4,4
-100 + 200	1,6	5,2	0,1	4,5
- 200	6,6	20,1	5,9	10,4
	38,7	5,9	10,4	---

Las pruebas sobre material sin clasificar molidas a -20 mallas dieron resultados negativos por efecto del polvo fino que al flocularse magnetícamente dificulta la separación entre ganga y minerales de manganeso. Los ensayos sobre materiales clasificados dieron mejores resultados pero demostraron, sin embargo, que la concentración no es posible en la fracción -200 mallas. Con la inclusiónde esta fracción al concentrado su ley baja a 31,1 can una recuperación del 95,5. La ley en sílice de este producto es 18 %.

Con respecto a la aplicación industrial de este procedimiento, una planta de 100 t/24 hs. demandaría una inversión en maquinaria seis veces mayor que la de concentración gravitacional, si la separación se hiciera en seco y tres veces más si se hiciera en húmedo siendo de esta manera difícil su aplicación para un caso de reservas tan reducidas como el estudiado.

San Juan, Febrero de 1968.

Ing. José A. Matar

ING. RAMÓN J. O. RUIZ BATES
DIRECTOR INT. DEL INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES MINERAS

ANEXO I

CONSUMOS Y ESPECIFICACIONES

a) Distribución del consumo nacional de minerales de manganeso.

	1964	1969 (proyección)
Siderurgía	88,8 %	93,9 %
Pilas y baterias	10,1 %	5,5 %
Varios	1,1 %	0,6 %

Las exigencias que cada una de estas aplicaciones impone, circunscribe sólo a la siderurgia, el uso de las menas estudiadas. En el mercado interno el manganeso destinado a la siderurgía se emplea en altos hornos, en acerias y fabricación de ferroaleaciones. Con respecto al primero de estos campos de aplicación, en nuestro país hay dos empresas que tienen altos hornos: SOMISA y Altos Hornos Zapla. Las exigencias de estas en lo que se refiere a composición química y granulometría de los minerales de manganeso son las que se dan a continuación.

b) Especificaciones de los minerales de manganeso para alto horno.

Especificaciones químicas

	SOMISA		ALTOS HORNOS ZAPLA	
Mn	Aproximadamente	25 %	Mínimo	20,0 %
Fe	Cualquier cantidad		Cualquier cantidad	
Si O_2	Aproximadamente	25 %	Máximo	10,0 %
S	Máximo	0,3 %	Máximo	0,2 %
P	Máximo	0,3 %	Máximo	1,0 %

///

Especificaciones granulométricas

SOMISA		ALTOS HORNOS ZAPLA	
100 % menos	100 mm	100 % menos	100 mm
90 % más	12 mm	90 % más	6 mm

El mineral destinado a acerías y ferrealeaciones debe tener un alto contenido de manganeso, superior en todos los casos al 40%. Las especificaciones que se dan a continuación son una media de las utilizadas mundialmente (2):

$Al_2 O_3$	Máximo	6 %
S	Máximo	0,2 %
P	Máximo	0,25 %
Mn	Mínimo	40 %
Fe	Máximo	8 %
$Si O_2$	Máximo	10 %

(2) "Revista" INGEMI, Enero 1966.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB T
850

ANEXO II

Estudio calcográfico de muestras provenientes de las pruebas de concentración efectuadas sobre las menas manganesíferas del Norte de Cordoba y Sur de Santiago del Estero

El trabajo calcográfico se efectuó en el Instituo Nacional de Geología y Minería y en el Instituto de Investigaciones Mineras de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Cuyo, por la Dra. Melba B.Guerstein. Se examinaron alrededor de 50 muestras provenientes de los diferentes originales y productos de concentración; su objeto fue ayudar a la concentración e interpretación de sus resultados. A continuación se transcribe parte de los informes y algunas microfotografías que lo ilustran:

PRODUCTOS DE LA SEPARACION GRAVITACIONAL

1.- POZO NUEVO.

Concentrado de la 2da.Clase hidráulica.

a) Partículas de la zona de brecha, cementadas por psilomelano finamente granular, compacto.
   En el mineral transparente se distinguen formas cristalinas,secciones de prismas longitudinales o basales exagonales con fuertes reflejos rojos (rutilo ?).
b) Como las partículas anteriores de la zona de brecha, estas tienen clastos pequeños a medianos de la roca, cementados por mine

///

///

ral transparente en el cual están difundidas diminutas acículas del grupo psilomelano, posiblemente hollandita. El mineral de manganeso es escaso.

c) Partículas con abundante mineral de manganeso ligado a la ganga. Desarrollo de textura coloforme, radial concéntrica, constituída por fibras cortas y largas.
Otras del mismo tipo, pero menos abundante en el manganeso.

d) Partículas constituídas por mineral de manganeso compacto, de grano fino a grueso, a veces surgen formas cristalinas en trama a modo de "parquet". Estas son abundantes.

Cola de la 2da. Clase hidráulica.

a) Fragmentos de ganga, libres.

b) Partículas con un 80-90% de mineral ganga. El mineral opaco se halla en finas costras o diseminado esporádicamente en fibrillas cortas de psilomelano, poco abundante.

c) Partículas con aproximadamente 70-80% de ganga. El mineral de mena está concentrado en reducidas áreas de pirolusita y psilomelano, vinculados a sílice coloidal. El conjunto tiene textura en atolón.

d) Partículas con un 40-60% de mineral de ganga. El mineral opaco está homogéneamente difundido con textura coloforme, donde las fibras cortas y dispuestas con cierto paralelismo o en abanico, forman bandas ondeadas.

///

///

2.- LOS HOYOS DE CHUÑA HUASI.

Concentrado de la clase -1/4" + 6 mallas.

Partículas de mineral opaco, compactas y algunas un poco porosas, con predominio de textura coloforme, concéntrico radial, afieltrada o en mosaico.
El mineral que abunda es del grupo psilomelano, a veces con desarrollo de granos grandes, redondeados o alargados con aspecto de pluma o lanza.

Además hay pirolusita (ó ramsdellita ?), según perfectas secciones rómbicas y clivaje perpendicular a la elongación. Estas formas están siendo reemplazadas, por psilomelano compacto (pseudomorfico).

3.- CAMA CORTADA.

Concentrado de la 2da. Clase hidráulica.

Los fragmentos están constituídos en su totalidad por mineral de manganeso compacto, grupo psilomelano, de grano muy fino hasta amorfo en partes. La textura es coloforme, con bandeamiento rítmico.

4.- LA SANTIAGUEÑA.

Concentrado de la clase -1/4" + 6 mallas

La muestra está constituida por los siguientes tipos de partículas:

a) Partículas libres de ganga, formadas por mineral de manganeso compacto. La textura es radial, constituída por fibras de pirolu

///

///

sita e intersticialmente psilomelano finamente granular.

b) Fragmentos con un 70% de mineral opaco. En su mayoria es psilomelano finamente acicular o fibroso, según una trama afieltrada, aglomerada o difundida en el mineral de ganga.
Son frecuentes secciones exagonales de un mineral transparente con reflejos rojos y/o blanquecinos, agrupadas en rosario (?).

c) Fragmentos con poco mineral opaco, psilomelano. Abundanete mineral de ganga, en parte el ya mencionado con reflejos rojos

Concentrado de la clase -6 mallas + 10 mallas.

Conjunto de partículas texturalmente heterogéneas, con apreciable ganga interticial o con clastos de la zona de brecha. El mineral opaco es compacto a veces, con grandes cristales prismáticos de polianita-pirolusita ($Mn\ O_2$). Otros fragmentos tienen mineral de manganeso acicular o plumoso, ligado a la ganga. Este tipo abunda.

Cola de la 2da. Clase hidráulica.

Se repiten las características de la muestra anterior.

5.- GRUPO NORTE.

Concentrado de la Clase -1/4 + 6 mallas.

a) Fragmentos compactos de grano mediano, equidimensionales. Reducidas áreas de mineral muy fino, plumoso, con aspecto de criptomelano (del grupo psilomelano) alternan con un agregado de grano grande formado por pirolusita-polianita.
Se identifican formas lenticulares (derivadas de seccio-

///

///

nes rómbicas ?) rellenas con un mineral de las características de pirolusita.

b) Partículas masivas de grano muy fino, posiblemente criptomelano (grupo psilomelano). En parte los granos tienen dimensiones mayores y tomas aspecto de plumas alargadas. Hay intercalación esporádica de grano grandes, con características ópticas distintas, color pardo, isótropo o débilmente anisótropo.

Concentrado de la 2da. Clase hidráulica.

La muestra es heterogénea en granulometría y textura. Los fragmentos más pequeños tienen considerable ganga ligada; los de mayor tamaño están constituídos sólo por mineral de manganeso. Hay pirolusita y psilomelano (hollandita ?), siendo este último más abundante. Hay zonas de grano muy fino, posiblemente criptomelano.

Cola de la Clase -1/4" + 6 mallas.

Las partículas de ganga tienen muy poco mineral de manganeso diseminado, según diminutas agujas de psilomelano.

PRODUCTOS DE FLOTACION

1.- POZO NUEVO.

Concentrado de Flotación.

La mayoría de las partículas son del tipo de mena ligada finamente a ganga. Diminutas acículas de psilomelano en la ganga.

///

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

///

En menor cantidad hay partículas compactas, libres de ganga Otras tienen junto a la ganga mineral de manganeso compacto del tipo criptomelano.

2.- LOS HOYOS DE CHUÑA HUASI.

Concentrado de Flotación.

En general som partículas compactas de manganeso granular fino y grueso, tambien fibroso, representado por psilomelano y pirolusita.

3.- CAMA CORTADA.

Concentrado de Flotación.

Partículas compactas de mineral de manganeso libre de ganga, con textura granular muy fina. Se trata de psilomelano.

4.- LA SANTIAGUEÑA.

Concentrado de Flotación.

Son abundantes las partículas de manganeso, existiendo otras en menor cantidad, ligadas a ganga.

En general la textura del mineral opaco es granular mediana; observandose a veces granos muy grandes de pirolusita. Donde el grano es menor el constituyente es psilomelano y pirolusita.

La textura granular es en general más gruesa que en Cama Cortada.

///

///

Concentrado de Flotación.

Abundan las partículas ligadas a ganga y las de mineral de manganeso poroso libres de ganga. Estas últimas parecen estar compuestas de pirolusita. Otros fragmentos tienen psilomelano granular fino, sin ganga.

5.- GRUPO NORTE.

Concentrado de flotación.

Partículas con abundante mineral de manganeso, ligado finamente a la ganga o en casos, poroso. Existe en 10-15% de partículas que son parte de cristales de polianita (o calcofanita ?).

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

1.- PRODUCTOS DE LA CONCENTRACIÓN GRAVITACIONAL

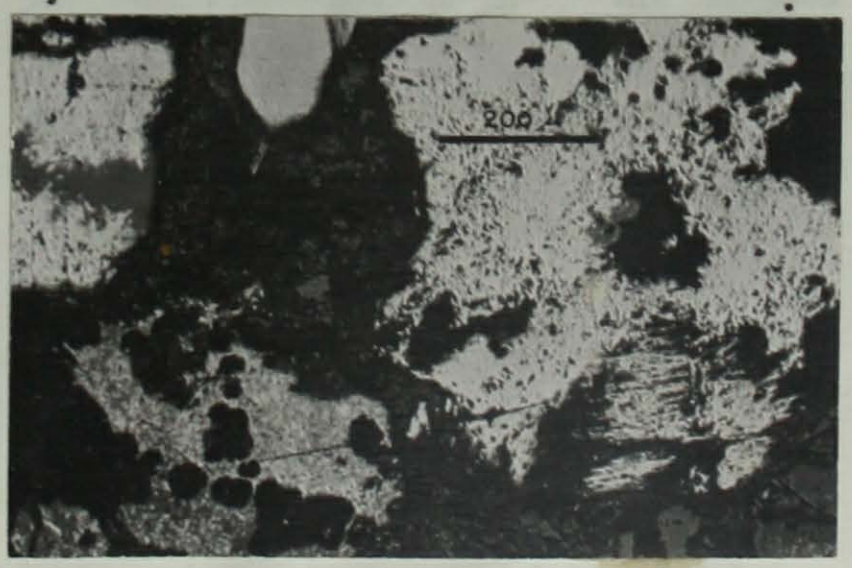
Pozo Nuevo

Concentrado de la 2da.Clase hidráulica

Aum. X100

Cola 2da.Clase hidráulica

Aum. X100



Concentrado 2da.Clase hidraulica .

Aum. X100

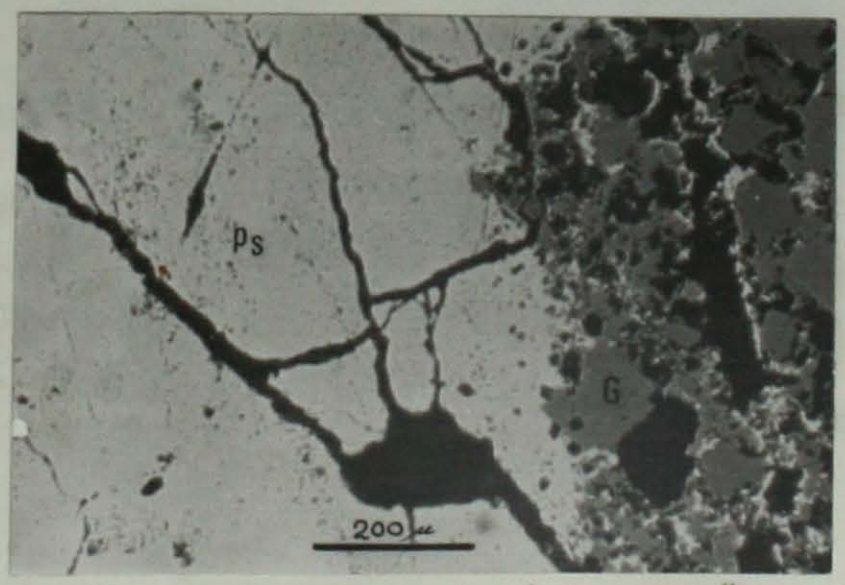
Estas microfotografías muestran el fino tamaño de liberación entre ganga y mineral, común en esta mena (referencia en texto del Anexo)

Los Hoyos de Chuña Huasi

Concentrado -1/4" + 6 #
(referen.en texto Anexo)

Aum. X100

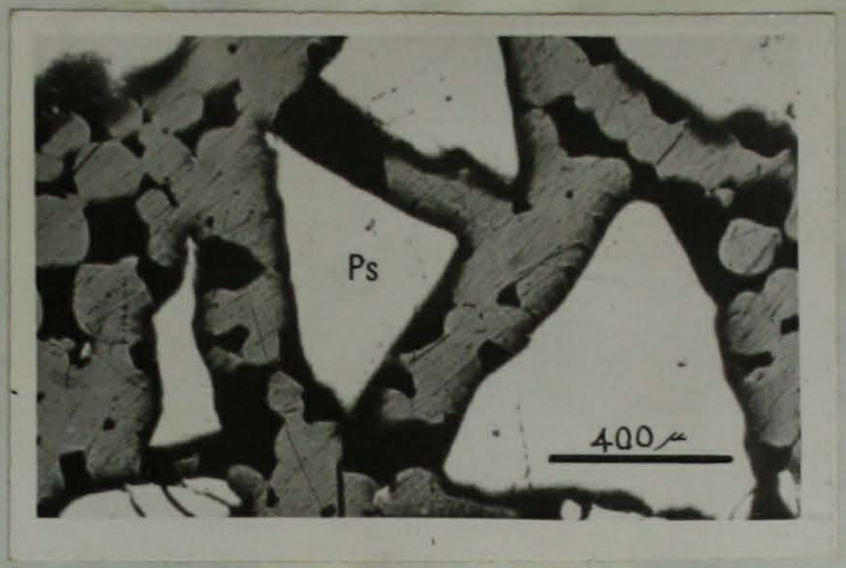
Concentrado -1/4" + 6 #
Pi = Pirolusita
Ps = Psilomelano
Aum. X100



Concentrado -1/4" + 6 #
Ps = Psilomelano G = Ganga
Aum. X100

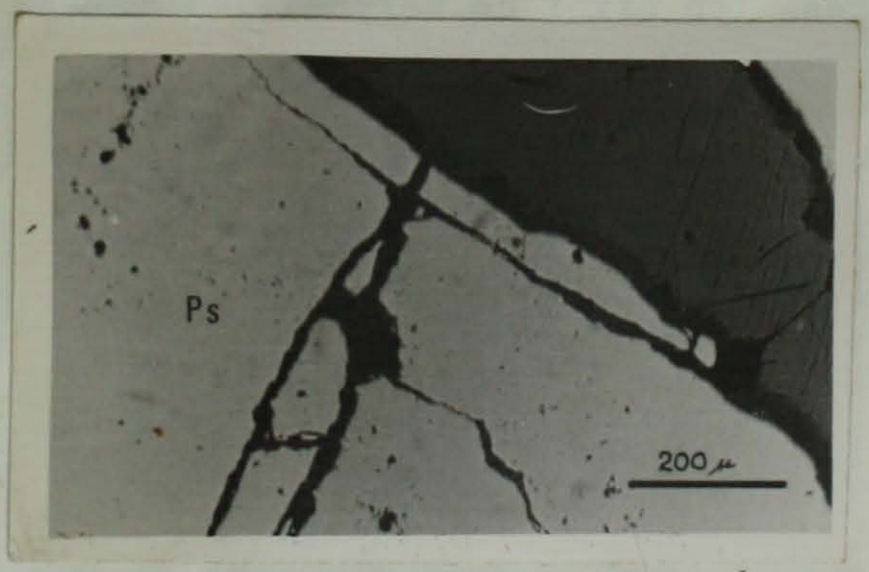
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIBL T
830

Cama Cortada



Concentrado de la 2da.Clase hidráulica
Ps = Psilomelano

Aum. X56



Concentrado de la 2da.Clase hidráulica
Ps = Psilomelano

Aum. X100

Estas microfotografías muestran el estado compacto en que se encuentra el psilomelano en esta mena.

La Santiagueña

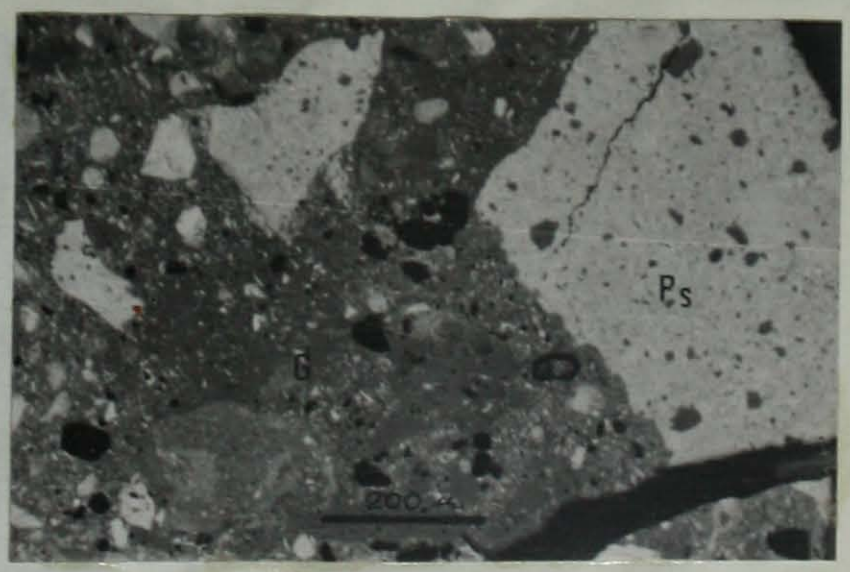
Concentrado -1/4" + 6 #

Aum. X56

Concentrado -1/4" + 6 #

Aum. X100

(ver referencias en texto del Anexo)



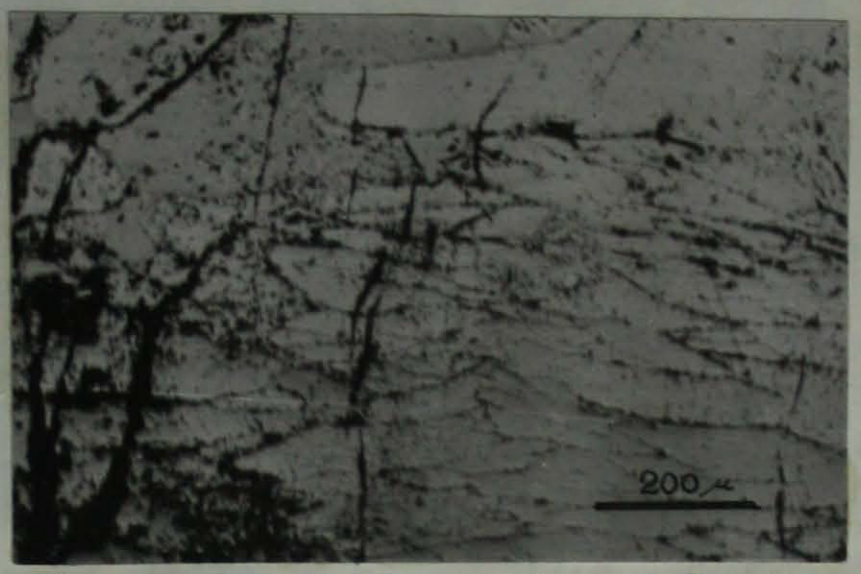
Concentrado -6 # + 10 #

Ps = Psilomelano G = Ganga

Aum. X100

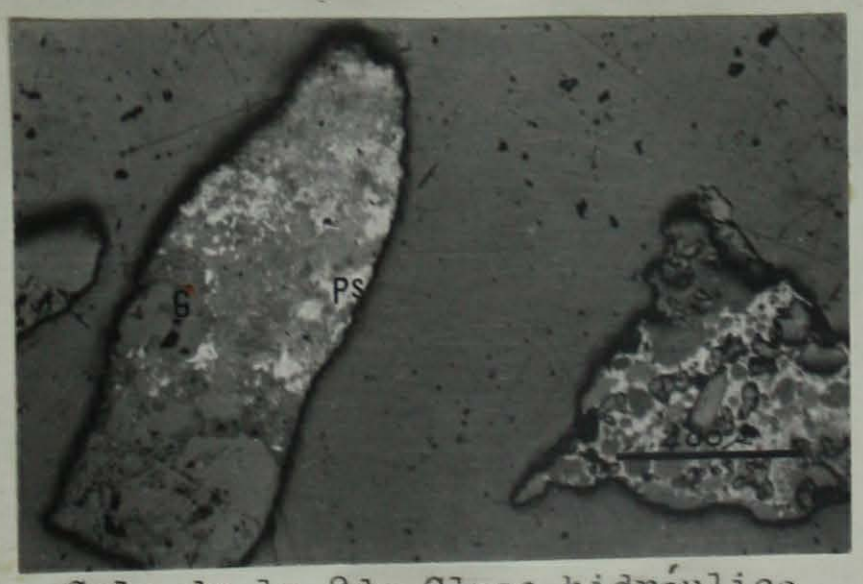
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIB I
830

La Santiagueña



Formas lenticulares de pirolusita
(o ramsdelita?)

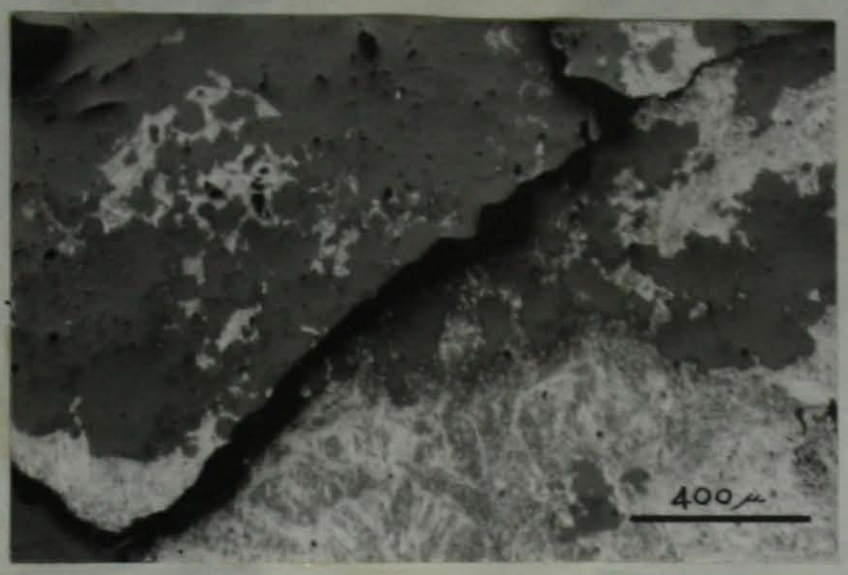
Aum. X100



Cola de la 2da.Clase hidráulica
Ps = Psilomelano G = Ganga

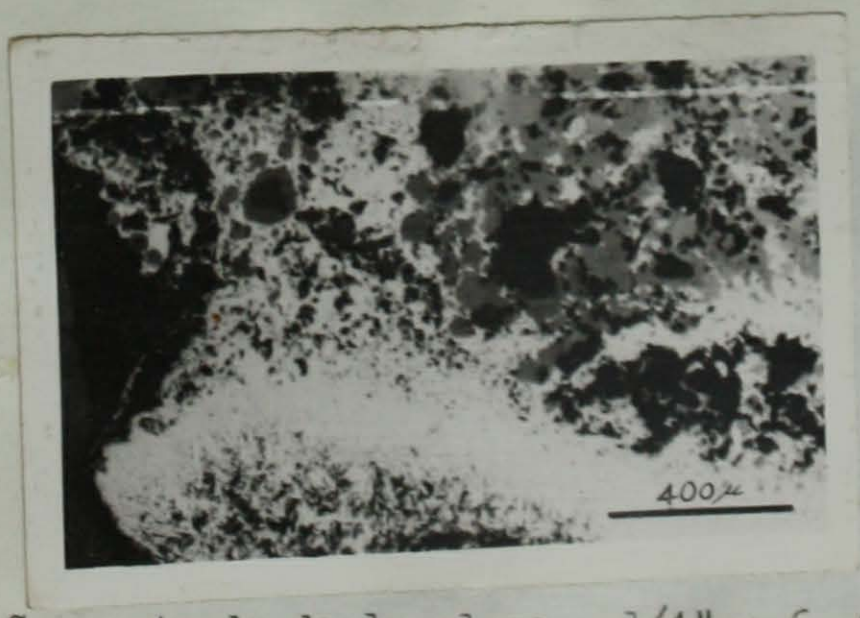
Aum. X56

La Santiagueña



Cola de la clase -1/4" + 6 #

Aum. X56



Concentrado de la clase -1/4" + 6 #

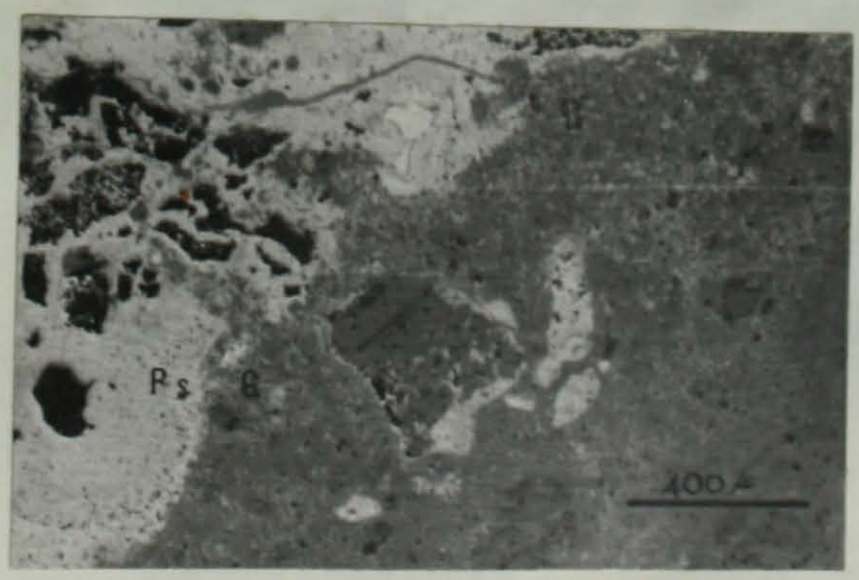
Aum. X56

Grupo Norte

Concentrado 2da.Clase hidr.
Formas cristalinas de
pirolusita
Aum. X100

Cola 2da.Clase hidráulica
Ps = Psilomelano G = Ganga

Aum. X100



Cola -1/4" + 6 #
Ps = Psilomelano G = Ganga

Aum X56

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIBLIOTECA
830

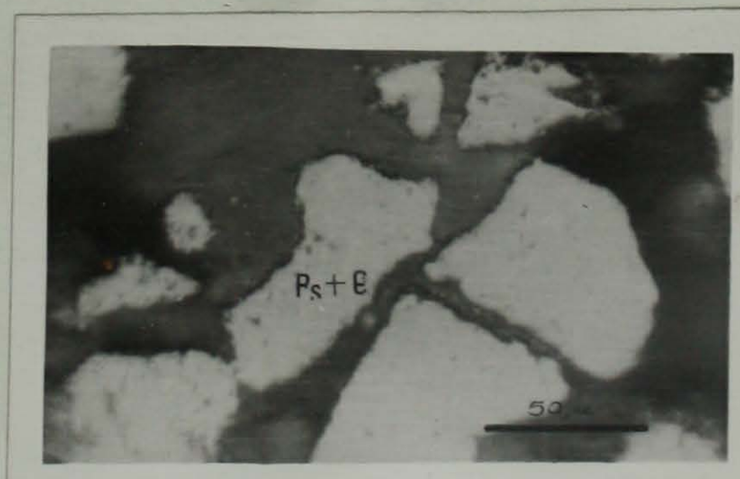
2.- PRODUCTOS DE LA FLOTACIÓN

Pozo Nuevo

Concentrado de Flotación
Ps = Psilomelano G = Ganga
Aum. X450

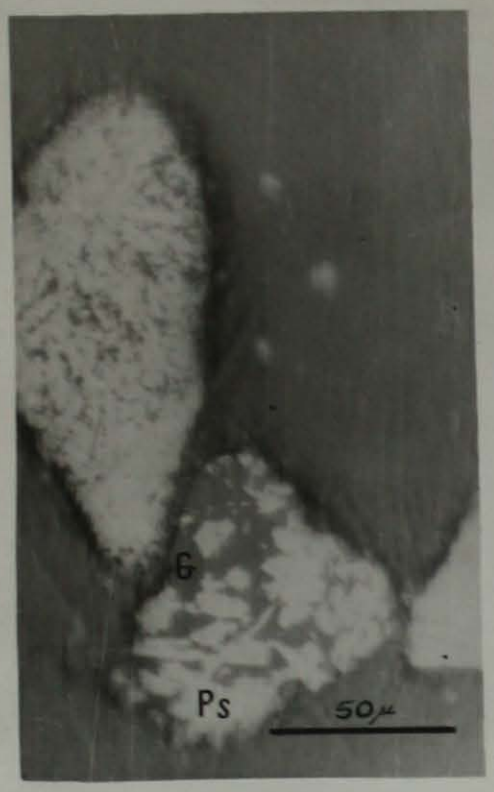
Concentrado de Flotación
Ps = Psilomelano G = Ganga
Aum. X450

Los Hoyos de Chuña Huasi



Concentrado de Flotación
Ps = Psilomelano G = Ganga
Aum. X450

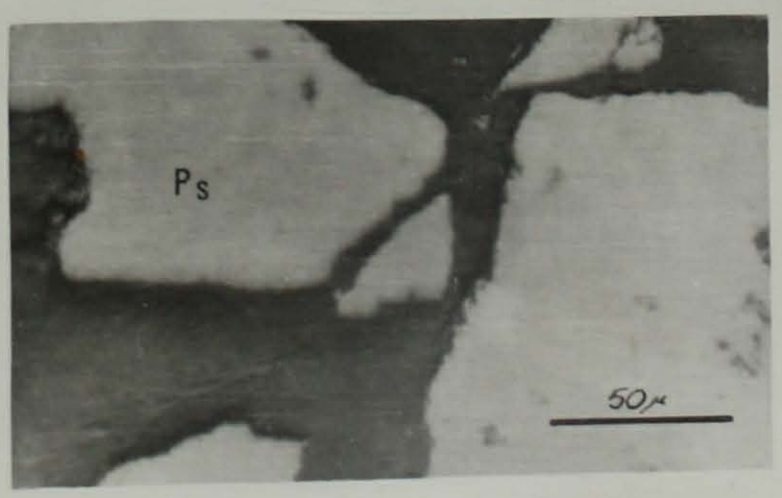
La Santiagueña



Concentrado de Flotación
Ps = Psilomelano G=Ganga
Aum. X450

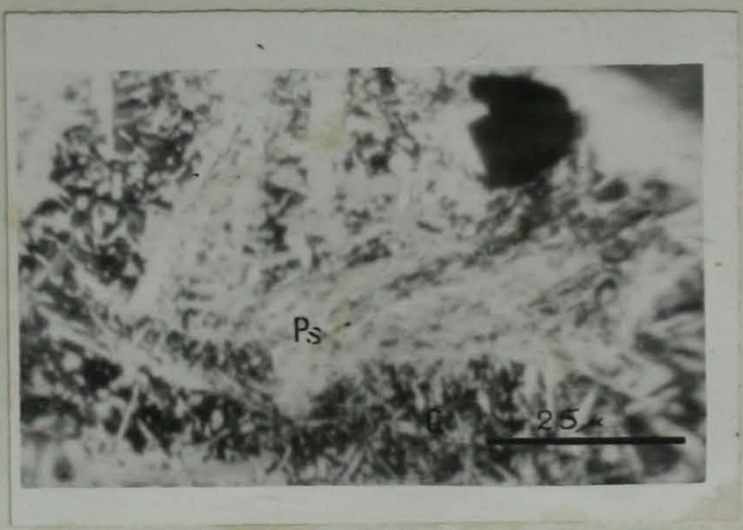
Concentrado de Flotación
Ps = Psilomelano G = Ganga
Aum. X450

Cama Cortada



Concentrado de Flotación
Psilomelano compacto
Aum. X450

Grupo Norte



Cola de Flotación
Ps = Psilomelano G = Ganga

Aum. X1050

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BIBLIOTECA
850

ANEXO III

COSTOS DE INVERSION Y OPERACION DE LAS PLANTAS ESTUDIADAS

Los datos que siguen incluyen en todos los casos la sección de selección manual con la correspondiente planta de concentración.

Los costos de maquinarias se han calculado sobre la base de cotizaciones reales y precios de catálogos convenientemente actualizados, para mercaderías importada sin recargos y al cambio de $ 350. por dólar.

Los otros items de la inversión se han computado en función de índices resultantes de obras ejecutadas en el país y en el extranjero. Los costos de maquinaria incluyen repuestos para un año.

Se ha tomado como gastos imprevistos el 10 % sobre todos los demás.

Los costos de inversión no incluyen las instalaciones de fuerza motriz, sinterización, bombeo y recuperación de agua, sobre las cuales no se dispone todavía de datos. Solamente para fines de un examen preliminar de factibilidad económica, pueden estimarse tales inversiones en unos 25 millones de pesos.

A continuación se dan algunos de los valores tomados para el cálculo de los costos de operación.

Agua ..... $ 5.= % por m^3

Acero ..... $ 250 % por kg

Mano de obra(incluye leyes sociales)

Obrero no especializado ...$ 1.700 % por 8 hs

Obrero especializado o capataz $ 2.300 % " 8 hs

Energía ..... $ 9.- % por KW-h

///

Sueldos:

1 Ingeniero Director	$ 160.000.= m/n por mes
1 Ingeniero Asistente y Jefe de laboratorio	$ 110.000.= m/n por mes
2 Empleados administrativos	$ 40.000.= m/n por mes

Estos sueldos incluyen tambien leyes sociales

1.- Planta de concentración gravitacional.

Tabla I - INVERSIONES

Rubro	Importe m$n
1.- Costo de la maquinaria puesta en el lugar de inatalación	52.000.000
2.- Obra Civil	6.000.000
3.- Fletes, montaje e instalaciones accesorias incluyendo laboratorios	9.000.000
4.- Proyecto, dirección y oficina técnica	7.700.000
5.- Gastos generales y utilidad de los contratistas	7.900.000
6.- Imprevistos	9.000.000
Total	91.600.000

Tabla II - Costo de operación

R u b r o	Importe m$n/t
1.- Energía	170
2.- Aceros	250
3.- Mano de Obra	550
4.- Agua	50
5.- Acopio y movimiento del mineral	100
6.- Supervisión, laboratorio y varios	150
7.- Mantenimiento	50
T o t a l	1.320

2.- Planta de flotación.

Tabla III - Inversiones

R u b r o	Importe m$n
1.- Costo de la maquinaria puesta en el lugar de instalación.	60.000.000
2.- Obra Civil	7.500.000
3.- Fletes, montaje e instalaciones accesorias incluyendo laboratorios	10.600.000
4.- Gastos generales incluyendo utilidad de los contratistas	9.500.000
5.- Proyecto, dirección y oficina técnica	11.800.000
6.- Imprevistos	11.000.000
T o t a l	110.400.000

///

111

SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
BIBLIOTECA
830

Tabla IV - Costo de operación

R u b r o	Importe m$n/t
1.- Reactivos	550
2.- Energía	240
3.- Agua	30
4.- Acero	450
5.- Mantenimiento	50
6.- Mano de obra	600
7.- Supervisión, laboratorio y varios	150
8.- Acopio y movimiento del mineral	100
T o t a l	2.170

3.- Planta de concentración gravitacional-flotación.

Tabla V - Inversiones

R u b r o	Importe m$n
1.- Costo de la maquinaria puesta en el lugar de instalación.	56.000.000
2.- Obra civil	6.500.000
3.- Fletes, montaje e instalaciones accesorias incluyendo laboratorios	9.800.000
4.- Gastos generales incluyendo utilidad de los contratistas	8.500.000
5.- Proyecto, dirección y oficina técnica	9.200.000
6.- Imprevistos	9.000.000
T o t a l	99.000.000

Tabla VI - Costos de operación

R u b r o	Importe m$n/t
1.- Reactivos.	270
2.- Energía	200
3.- Agua	40
4.- Acero	300
5.- Mantenimiento	50
6.- Supervisión, laboratorio y varios	150
7.- Mano de obra	550
8.- Acopio y movimiento del mineral	100
T o t a l	1.160

4.- Costos totales.

Agregando a los costos de operación de cada uno de los tres casos, los correspondientes a sinterización y la amortización (calculados a diez años sin intereses), se obtienen los costos totales que se comparan en la Tabla VII. El costo de sinterización por tonelada de concentrado fino se ha estimado en un monto de $ 1.400.= m/n.

SERVICIO NACIONAL BIB. I 850

Tabla VII - Costo total de tratamiento

Método de tratamiento	Costo de operación por tonel.	Amortización por tonelada 10 años	Costo de sinterizac. por tonelad.	Costo total por tonelada
Concentración Gravitacional	1300	300	170	1770
Flotación	2170	330	300	2800
Concentración Gravit-flotac.	1660	368	200	2228

Tabla VIII-Consumos de agua y energía para plantas de 100 t/24 hs

Método de tratamiento	Consumo de agua en 24 hs	Caudal. permanente requérido	Energía instalada HP	Consumo por tonelada HP-h
Concentración Gravitacional	851 m^3	10 L/seg	135	27
Flotación	600 m^3	7 L/seg	150	30
Concentración Gravit-flotac.	720 m^3	8,3 L/seg	140	28

///

Los consumos de agua que se indican corresponden a instalaciones sin sistemas de recuperación. Normalmente, con instalaciones adecuadas, puede recuperarse hasta el 80 % del agua. No se computa ningún consumo de agua para la planta de selección manual por haber se comprobado que esta operación se cumple con más facilidad en seco.-

1059