

2 E No. 26



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**"RECUPERACION DE SCHEELITA COMO SUBPRODUCTO
DE LA FLOTACION DE SULFUROS DE COBRE"**



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

T E S I S

**Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

P r e s e n t a

JUAN JOSE ZEPEDA BASURTO

1 9 8 4



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE PROF. MARIO MEDINA VALENZUELA

VOCAL PROF. DARIO RENAN PEREZ PRIEGO

SECRETARIO PROF. MARCO ANTONIO CHAMORRO DIAZ

PRIMER SUPLENTE HUGO ZABRE RAMIREZ

SEGUNDO SUPLENTE MA. MAGDALENA ALVAREZ RUIZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CONCEPCION DEL ORO ZACATECAS

ASESOR DEL TEMA:

PROF. MARCO ANTONIO CHAMORRO DIAZ

SUSTENTANTE :

JUAN JOSE ZEPEDA BASURTO



I N D I C E

	Hoja
GENERALIDADES DEL MUNICIPIO	3
Ubicación	
Comunicaciones	
Climatología	
Historia y Cultura	
Estudios Previos	
GEOLOGIA Y YACIMIENTOS MINERALES	5
Geología General del Municipio	
Mineralización	
Yacimientos	
GENERALIDADES MINERALOGICAS DEL TUNGSTENO	8
Los Minerales Comerciales del Tungsteno	
Genésis	
Problematica de la Metalurgia de la Scheelita	
OPERACION ACTUAL DE UNA PLANTA DEL MUNICIPIO	9
Suministros	
Trituración	
Molienda	
Flotación	
Asentamiento, Filtración y Manejo de Concentrado	
Diagrama de Flujo	
CARACTERIZACION DEL MINERAL	15
Análisis Microscópico	
Análisis Espectrográfico de Emisión por Rayos "X"	
Análisis Espectrográfico por Difracción de Rayos "X"	
Análisis Químico Cuantitativo	
Análisis Colorimétrico Cuantitativo	
Análisis Microscópico por Electrónica de Barrido	
Mineralogía Presente	
EXPERIMENTACION METALURGICA	19
Generalidades	
PRUEBA 1	20
Objetivo	
Muestra	
Desarrollo	
Equipo Utilizado y Condiciones	
Diagrama	
Balance Metalurgico General	
Progresión de las Operaciones	
Balances Metalurgicos Parciales	
Observaciones	
PRUEBA 2	26
Objetivo	
Muestra	
Desarrollo	
Equipo Utilizado y Condiciones	
Diagrama	

Balance Metalurgico General Progresión de las Operaciones Balances Metalurgicos Parciales Pbservaciones	
PRUEBA 3	32
Objetivo Muestra Desarrollo Equipo Utilizado y Condiciones Diagrama Balance Metalurgico General Progresión de las Operaciones Balances Metalurgicos Parciales Balances Metalurgicos y Progresión en los Productos Clasificados Observaciones	
PRUEBA 4	39
Objetivo Muestra Desarrollo Equipo Utilizado y Condiciones Diagrama Balance Metalurgico General Progresión de las Operaciones Balances Metalurgicos Parciales Observaciones	
CONSIDERACIONES GENERALES	45
CONCLUSIONES GENERALES	46
DIAGRAMA COMPARATIVO PRODUCTOS CLASIFICADOS DE PRUEBA 3	48
COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS POR OPERACIONES	49
APENDICE	50
Bibliografía Consultada Referencias Bibliograficas (Estudios Previos) Relación Aplicada en Balances y Progresiones	

1) GENERALIDADES DEL MUNICIPIO MINERO.

Ubicación:

El distrito de Concepción del Oro se localiza en la zona norte del Estado de Zacatecas, cerca de los límites con el Estado de Coahuila. Perteneció a la zona más septentrional de Zacatecas., queda comprendida en la --- "Subprovincia Fisiográfica" denominada "Sierras Atravesadas" representada por un conjunto de sierras orientadas casi E-W la cual se extiende desde -- Concepción del Oro hasta las cercanías de la Ciudad de Torreón Coahuila, -- Concepción del Oro ocupa una cañada de un terreno muy abrupto con alturas - cercanas a 2500 m. sobre el nivel del mar.

Comunicaciones:

Hacia el norte se comunica con la ciudad de Saltillo Coahuila vía férrea 125 Km. y por carretera 115 Km. Al sur se comunica con la ciudad de Zacatecas 225 Km. por carretera, por medio de terracerías y caminos vecinales con los poblados mineros aledaños, entre ellos Terminal, Nochebuena, -- San Pedro de Ocampo, Aranzazú y Salaverna.

Climatología:

El clima está considerado " típico semidesértico " con diferen--- cias notables en el transcurso del día y la noche, acentuándose ésta dife--- rencia durante el verano, la precipitación pluvial es de 500 mm. las llu--- vias ocurren prácticamente en verano. La vegetación es la típica de las -- zonas semidesérticas del norte del País, constituida principalmente por: -- Lechugilla, Candelilla, Gobernadora, Maguey, Guayule y Nopal.

Historia y Cultura:

Lo más probable es que los indígenas de la región (Mazapiles) explotaron en pequeña escala algunos minerales, la referencia más remota data de las minas de San Eligio y Albarradón, según Castañeda (1927) en 1530 mos traron a Francisco de Urdiñola (Capitán de Cortés) un afloramiento de Plomo -Plata quién lo explotó enviando sus valores a España. Siendo tal la rique za de éstos minerales, que se le nombró Marquez de Aguayo, concediéndole -- uno de los más grandes latifundios del norte de México, comprendiendo partes de los Estados de Zacatecas, Durango, Coahuila y Texas.

En 1548 se establece el "Real de Minas de Mazapil" explotando Plata principalmente, a fines del siglo XVI, Jaime de Guzmán encuentra una mina de oro cerca del actual poblado de Concepción del Oro, siendo tal la riqueza de ésta (400 g/ton.) que originó el nombre del poblado, las explotaciones de oro y plata continuaron en forma intermitente hasta fines del siglo XIX. En 1899 La Mazapil Copper Company Limited de Manchester, Inglaterra adquirió la mayoría de las propiedades mineras de la región, explotándolas sistemáticamente y construyendo una fundición de cobre, las primeras minas que explotó fueron: - San Antonio, Jaime, Manzanillas, La Trinidad, El Guaje, San Juan, Cabrestante, Catarroyo, Promontorio, El Carmen y Las Palomas. Llegando a procesar hasta -- 7000 toneladas mensuales con una ley de 5 % de cobre según datos de la mina - Aranzazú en 1906. Durante la época revolucionaria la minería decayó en ésta zona, habiendo reanudado operaciones la Mazapil en 1922.

En la zona de Providencia, en 1915, La Compañía Minera de Peñoles, S.A. subsidiaria de la American Metals Company, inicia actividades con las - minas de Providencia Albarradón, San Pedro y Zinc West, posteriormente y en - diferentes épocas ha rentado de la Mazapil las minas de La Leona (Animas), - Salaverna y San Eligio, a la compañía Jesus Nazareno, las minas Extensión de las Animas, Demasias del Paraiso y Santiago, y a la American Smelting and Refining Company El Refugio y San Gregorio.

De 1925 a 1930 La Mazapil construye una planta de Flotación para - minerales de cobre en Aranzazú y una para Flotación selectiva en Salaverna, con capacidad de 200 toneladas por día cada una.

La compañía minera Eureka inició sus actividades en la mina San - Marcos, en el año de 1925 explotando la zona de sulfuros, ya que la Compañía Minera San Marcos explotó los óxidos de la misma, continuando la compañía - Eureka con la explotación de sulfuros hasta la fecha.

Durante los años de 1930 a 1934, La Mazapil arrenda sus propiedades al señor Santiago Palacios y a la Empresa "Inversiones del Oro", reanu-- dando operaciones en 1934, continuando hasta 1938 año en que entrega las -- instalaciones a una cooperativa de mineros que después de dos años regresa las propiedades a La Mazapil, de 1940 hasta 1961 continúa operando inclu-- yendo la Cianuración a su proceso.

En 1961 La Mazapil transfiere sus bienes a la Compañía Macocozac S.A. la cual aprovecha las instalaciones de Flotación para beneficio de sus minerales cupríferos. Hacia 1973 Macocozac pasa a ser propiedad de la en-- tonces Secretaría de Patrimonio Nacional, limitándose a la concentración de

sus minerales cupríferos, operando hasta la fecha.

El poblado de Concepción del Oro es el centro de una actividad minera considerable, casi la totalidad de sus habitantes 12000 basan su economía - directa o indirectamente en la minería. La planta más grande Macocozac, opera con instalaciones inadecuadas, obsoletas y deterioradas teniendo poca eficiencia, procesando 1000 toneladas por día y debido a éstas condiciones es la fuente de trabajo de 750 habitantes.

También operan en la región otras plantas "Providencia y Año Nuevo" y "Nochebuena" las cuales concentran minerales de Plomo-Zinc, y ocasionalmente cobre (por campañas) aplicando ambas el proceso de Flotación con tecnología metalúrgica y equipo un poco más actualizado, tratando 700 y 800 toneladas por día respectivamente rindiendo menores plazas de trabajo dado su mayor grado de automatización.

Existen muchos pequeños mineros y gambusinos que explotan diversos minerales de oro-plata y plomo-zinc, generalmente de altas leyes, haciendo -- concentraciones gravimétricas mediante equipo rudimentario.

La agricultura y ganadería son raquíticas, practicadas en pequeñas -- áreas muy aisladas, debido a la falta de agua y suelos apropiados, existiendo sin embargo algunas comunidades agrarias que ocasionalmente cultivan maíz y -- frijol, criando ganado menor. Tiene relativa importancia la extracción de la fibra de lechugilla y palma, la explotación de la candelilla y la fabricación de carbón vegetal.

Estudios Previos:

El distrito minero de Concepción del Oro, ha sido probablemente, una de las zonas más estudiadas de la República Mexicana, tanto desde el punto de vista Geológico como Minero, a nivel nacional como internacional, siendo su -- Estratigrafía y Minería de una importancia tal que han derivado una serie de -- estudios y trabajos. Así mismo ha sido sede de eventos geológicos-mineros importantes. (Ver Apéndice).

2) GEOLOGIA Y YACIMIENTOS MINERALES

Geología General del Municipio.

Los datos geológicos que aquí se consignan, corresponden al estudio del Consejo de Recursos Naturales no Renovables efectuado en esta zona por -- los Ingenieros: Eduardo Mapes Vázquez, Salvador Zamora y Jerónimo Godoy.

La fuente original de éste mineral fué un terreno metamórfico e intrusivo, aunque en el área afloran las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, de muy diferentes edades, así mismo se presentan zonas sedimentadas afectadas por fenómenos pirometasomáticos de marmorización y contacto, siendo éstos gradacionales.

La granodiorita es la roca más antigua del distrito, y así mismo la más importante, cuantitativa y económicamente, ya que la gran mayoría de los yacimientos ocurre en o cerca del contacto de ésta roca con los sedimentos y se creen asociados a ella, es también la causante de intensos fenómenos de metamorfismo de los sedimentos, formando dos "stocks" de dimensiones regulares - uno en el área de Concepción del Oro-Aranzazú y el otro en Providencia, siendo su composición demasiado parecida, salvo ligeras variaciones, estando separados por una franja de Caliza de unos 150 metros en su parte angosta, se cree que probablemente en la profundidad se unan formando un solo cuerpo.

Mineralización:

La mineralización económica, se localiza en o muy cerca del "stock" granodiorítico, abundando principalmente en Magnetita, Hematita, Especularita, Calcopirita y Pirita; Oro en pequeñas cantidades, El Plomo Zinc y Plata están presentes en cantidades insignificantes en depósitos alejados del contacto principal.

Los minerales de ganga más abundantes, son la Calcita, Cuarzo y Silicatos, destacando entre ellos el Granate y la Vesubianita, en las mineralizaciones cercanas al contacto y en las más alejadas predomina la Wollangstonita.

Existen cuatro tipos de mineralización en el distrito, siendo diferentes en sus temperaturas de formación, correspondiendo a la más alta temperatura el que se manifiesta en las partes altas del intrusivo originado por reemplazamiento de Caliza caracterizándole una mineralogía constituida por grandes masas de óxidos, anhídros de fierro, principalmente Magnetita, Especularita, Hematita, con pequeñas cantidades de Pirita, menores de Calcopirita siendo éstos buenos depósitos de fierro.

La ganga está constituida por Silicatos Cálcicos, principalmente - Granate y Cuarzo, típicos en formaciones de alta temperatura.

El segundo tipo de mineralización se encuentra relleno de fracturas en los flancos del intrusivo, estando constituida, además de los Silicatos Cálcicos propios del contacto, por Calcita, Cuarzo y grandes cantidades de Pirita, regulares de Magnetita, pequeñas cantidades de Calcopirita y aún menores de Esfalerita, Galena, Plata y Oro, así como trazas de Wollangstonita, --

Arfíbola, Zoicita y Ortoclasa. Se presentan bolsones de Calcopirita y Bornita. Por otra parte también están presentes los minerales oxidados provenientes de los sulfuros primarios, constituidos por Malaquita, Azurita y Crisocola, existiendo enriquecimientos supergénicos de Calcosita y Cobre nativo, asociados íntimamente al contacto del intrusivo, siendo éstos lugares muy escasos. Este y el primer tipo de mineralización, son comúnmente llamados metamorfismos de contacto.

El tercer tipo de mineralización se localiza en la periferia de la aureola metamórfica y asociado francamente a fracturas y horizontes sedimentarios, ocurriendo algunos cuerpos minerales alejados hasta 100 metros del contacto con el intrusivo, conteniendo poca Pirita y escasa Magnetita, abundando la Esfalerita, los minerales de ganga están formados por Cuarzo y Wollangstonita cuando se presentan en fracturas o como cuerpos alejados del contacto, - originados a una temperatura mucho mayor que las anteriores mineralizaciones.

El cuarto tipo de mineralización correspondiente al de más baja -- temperatura de formación, y de escaso valor económico es el más alejado del - contacto, éste se presenta generalmente en forma de vetas alojadas en respaldos de diques y en fracturas, presenta una mineralogía muy simple consistente casi exclusivamente de Calcita, un poco de Cuarzo, Galena Argentífera, pequeñas cantidades de Esfalerita, Pirita y Sulfuros de Plata como trazas.

Yacimientos:

Los yacimientos del distrito Concepción del Oro están asociados al contacto de una masa intusiva principal, con formaciones sedimentarias adyacentes así como pequeños ramales del mismo alojados en rocas sedimentarias. Los grandes cuerpos minerales se presentan a lo largo de varios kilómetros - del contacto E-W del "stock" granodiorítico, generalmente tienen forma de -- chimeneas muy irregulares y de cuerpos tubiformes. Los yacimientos de rendi miento económico quedan comprendidos en los dos primeros tipos de mineraliza ciones, siendo sus principales exponentes o prototipos para el primero, las minas de El Carmen, Promontorio, Las Animas, Sol y Luna, y en el segundo tipo destacan la Mina Cata Arroyo, Anita, Esperanza, El Cajón y Cabrestante.

De los otros tipos se hace mencionable solamente la mineralización de Aranzazú representando al tercero y del cuarto tipo se tienen noticias de una veta de Galena en la mina La Perlita cercana al tiro de Cabrestante.

La historia del distrito pone de manifiesto que las principales mi nas iniciaron su explotación durante la época colonial mismas que se siguen explotando, quedando por descubrir otros cuerpos minerales. Por otro lado -- es factible que en lo presente se exploten valores tales como: Pirita, Magne-

tita, Granate, Scheelita, Vanadinita, Zirconio, Molibdenita y Powellita, los cuales han sido relegados debido a la importancia que en la región han tenido la explotación de minerales Cupríferos, Plumbíferos y Auriargentíferos.

3) GENERALIDADES MINERALOGICAS DEL TUNGSTENO

Los minerales comerciales del Tungsteno.

No se tiene conocimiento de que el Tungsteno haya aparecido en la naturaleza en su forma elemental, pero existen varios minerales que lo contienen, éstos por su cristalografía y su importancia comercial pueden ser reducidos a dos grupos: El grupo de la Wolframita (Wolfram 1783) y el de la Scheelita (Scheele 1781) como sigue:

MINERALES DEL TUNGSTENO				
GRUPO	WOLFRAMITA			SHEELITA
MINERAL	FERBERITA	HUENERITA	WOLFRAMITA	SHEELITA
METAL %	60.6	60.7	51.7	63.9
COLORACION	negro, café	café	gris café negro	blanco amarillo
LUSTRE	metálico	submetálico	submetálico	vítreo
DUREZA	5 - 5.5	5 - 5.5.	5 - 5.5.	4.5 - 5
GRAV. ESP.	7.2 - 7.5	7.2 - 7.5	7.2 - 7.5	5.9 - 6.1
OCURRENCIA	con otros minerales del Tungsteno	con otros minerales del Tungsteno y Pb	se distingue de la Hubnerita por su veta	con Casiterita, Molibdenita y Powellita.
FORMULA	FeWO ₄	MnWO ₄	(Fe Mn) WO ₄	Ca WO ₄

Tabla No 3:1

Entre los minerales comerciales del Tungsteno, es la Scheelita la que ocurre con más frecuencia en México, ésta tiene la propiedad de ser fluorescente a la luz ultravioleta presentando una coloración blanco azulosa y en el caso de reemplazamientos por otros elementos, adquiere tonalidades amarillentas, en el caso del Molibdeno (Powellita) o aureolas verdosas en el caso del cobre (Cupro-Scheelita).

Génesis:

Los yacimientos del Tungsteno son originados por pirometasomatismo - cuyas temperaturas de formación estriban entre 500 y 600 °C, debidos a la intrusión de roca plutónica, generalmente de tipo granítico en una masa de roca sedimentaria que puede ser de algún tipo de Caliza, produciéndose en ciertos puntos, depositaciones de Granate y Piroxena que frecuentemente se acompañan de

minerales de Tungsteno, a éstas conformaciones rocosas se les denomina "tactitas" y en ellas se encuentran pequeñas cantidades de sulfuros metálicos de fierro y cobre, generalmente así como Calcita, Calcita recristalizada, Cuarzo, -- Wollangstonita, Axinita, etc.

Problemática de la Metalurgia de la Scheelita:

Cada tipo de yacimiento con minerales de Tungsteno es un problema diferente, ya sea por el modo de coleccionar los minerales, así como por su proceso de concentración, dependiendo de ello el mineral de Tungsteno que se trate y de los minerales que lo acompañan, ya que generalmente son valores factibles de -- recuperar previamente.

En el caso de la Scheelita, ésta presenta el problema de ser muy quebradiza, produciendo muchos finos al molerse, debiendo proyectar las operaciones metalúrgicas evitando pérdidas de éstos finos, siendo un remedio muy eficaz la molienda a pasos.

En México, salvo casos excepcionales, los yacimientos con mineralizaciones de Scheelita reportan leyes muy bajas generalmente menores de 0.1 % en WO_3 lo cual hace incosteable su beneficio como producto primario, generalmente se le trata como un subproducto durante el procesamiento de los sulfuros metálicos a los que por su génesis está asociado. De aquí que el beneficio de la Scheelita quede supeditado a las operaciones metalúrgicas inherentes a los productos -- primarios que se traten, afectando principalmente:

- 1.- La granulometría.
- 2.- Reactivos que trae la pulpa
- 3.- Condiciones de la pulpa. (Densidad, humedad).
- 4.- Concentración de minerales inconvenientes.
- 5.- Dilución de la Scheelita durante procesos primarios.

En algunos yacimientos la Scheelita se encuentra íntimamente ligada a la Powellita ($CaMoO_4$), asociación que no es rota más que por medios químicos, siendo este mineral causa de deméritos y castigos en los concentrados de Scheelita.

4) OPERACION ACTUAL DE UNA PLANTA DE ESTE MUNICIPIO

La Planta de mayor capacidad en la región es la de la Compañía Macozac, la cual abarca la mayoría de los recursos minerales del municipio, actualmente beneficia minerales cupríferos muy heterogéneos, lo que deriva una -- operación problemática, siendo sus sistemas un tanto inflexibles no permitiendo la experimentación, una actual necesidad en toda planta beneficiadora para mejorar su operación y captar subproductos, como en el caso de la Scheelita --

cuya finalidad tiene éste trabajo. Para lo cual se hace la descripción de las condiciones inherentes al beneficio de sulfuros de cobre en esta planta.

Suministros:

a) Mineral.- El mineral a tratar procede de tres minas subterráneas - Cabrestante, Mexicana y Pórfido así como un tajo (a cielo abierto). Siendo las leyes y tonelajes de ellas muy variables. Es transportado a la planta de beneficio por medio de cuatro camiones Komatsu HD 320-2 de 30 toneladas, depositándolo en dos tolvas de gruesos con capacidad total de 140 toneladas y en los patios de la planta, haciendo un promedio de 1000 tons. diarias tratadas.

b) Agua.- Esta proviene de las minas de Aranzazú, Mexicana, El Diamante, Cabrestante y el agua de retorno de las presas de Jales teniendo un gasto aproximado de 3300 metros cúbicos/ día

c) Fuerza eléctrica motriz.- La planta recibe 33000 Volts. de la Comisión Federal de Electricidad, transformándola en su propia subestación a 3750 K.V.A. en caso de emergencia cuenta con dos plantas generadoras, una Mirrles Bickerton de 1187 K.V.A. y otra Fairbanks Morse de 1675 K.V.A.

Trituración:

El mineral clasificado a -6" en parrilla de rieles es reducido a -1/2" en ésta sección, ésta consta de dos circuitos, operando en sistema cerrado.

	Circuito 1	Circuito 2
Queb. Primaria	PETTIBONE 12"x36"	ALLIS CHALMERS 18" x 30"
Queb. Secundaria	SYMONS STD CONO 4"	SYMONS STD CONO 4"
Criba Vibratoria	DENVER DILLON 4'x 8'	DENVER DILLON 4' x 8'

Tabla Nº 4:1

Por razones de mantenimiento, falta de mineral y ausentismo del personal, ambos circuitos trabajan discontinuamente tratando de cumplir con el mineral requerido por la sección de molienda.

El producto de ésta sección pasa a 8 tolvas de finos con capacidad total de 2070 tons. métricas, mediante un elevador de cangilones en el primer circuito, y el del circuito 2 usando una banda de 24" de ancho.

Molienda:

De las tolvas de finos el mineral a -1/2" es molido a -100 mallas mediante 5 circuitos independientes alimentados por bandas transportadoras de 24" consignados en la siguiente tabla:

Circuito	Mol. Primario	Mol. Secundario	Clasificador	Cap.
1	A. CHALMERS 4'x 10'	HARDINGE 7'x 36" Molino Nº 1 Abierto Nº 2 Cerrado	Rastrillos 6'x 18'	180 ton.
2	A. CHALMERS 4'x 7'	S. ROGERS 4'x 5'	Espiral 4'x 19'	180 ton.
3	A. CHALMERS 5'x 10'	MARCY 7'x 5'	Ciclón Kreb's 20"	350 ton.
4	A. CHALMERS 4'x 10'	F. CHALMERS 5'x 10'	Ciclón Kreb's 10"	180 ton.
5	A. CHALMERS 4'x 10'	MARCY 7'x 1/2"	Ciclón Kreb's 10"	400 ton.
‡ Cónico	<u>Tabla Nº 4:2</u>		Total	1290

En ésta sección es agregada cal hidratada con la doble finalidad de regular el pH y deprimir las Piritas, siendo las condiciones de la pulpa a la salida de los clasificadores:

Granulometría 80 % a -200 mallas	
Gr. Específica de la pulpa	1180 gr/ lt.
% de sólidos	25 %
Dilución	3 : 1
pH	11

Para rendir éstas condiciones se suscitan los siguientes consumos:

Bola templada de 3 1/4"	1.02448 Kg/ ton molida
Barras de Acero de 3 1/2"x 9' 10"	0.1229 Kg/ ton molida
Cal Hidratada	19.18795 Kg/ ton.
Revestimiento Laines	0.825 Kg/ ton.

Flotación:

Tiene como objeto concentrar las especies minerales de Cobre tales como Calcopirita, Bornita, Calcosita y Covelita. El mineral proveniente de los clasificadores pasa a un sistema de flotación de dos etapas. En la primera se efectua una flotación primaria en tres circuitos, en la segunda fase se realiza una flotación agotativa, mediante cinco circuitos.

Primera etapa: Los circuitos 1 y 3 de molienda pasan a un acondicionador de 6' x 8' el cual alimenta las primeras celdas de los bancos 3 y 4. El circuito 2 de molienda alimenta directamente a la primera celda del banco 3, los circuitos 4 y 5 de molienda pasan a un acondicionador de 6' x 6' el cual alimenta la primera celda del banco Planta Nueva (P.N.)

En los acondicionadores son agregados los reactivos de flotación en forma de soluciones de concentración conocida, siendo los consumos:

Colector Xantato Amílico de Potasio	2 a 3 gr/ ton.
Colector Xantato Isopropílico de Sodio	10 gr/ ton.
Espumante Hercomín AO-3	80 gr/ ton.

Estos valores están sujetos a variaciones dependiendo de las condiciones del mineral, quedando el control de ellos finalmente a criterio, según comportamiento del mineral.

Los bancos 3 y 4 constan de 8 celdas DENVER SUB'A Nº 24 cada uno, operando idénticamente obteniéndose en las tres primeras celdas el concentrado final, que es mandado a los tanques asentadores. El producto de las últimas cinco celdas es recirculado a la cabeza de los bancos teniendo un tiempo de flotación en ésta sección de 12'.

El banco P.N. consta de 16 celdas, las 8 primeras DENVER DR Nº 24 y las 8 restantes SUB'A Nº 24. Obteniéndose en las 4 primeras un concentrado final que es bombeado al asentador. El producto de las celdas restantes (Medios) es recirculado a la cabeza del banco, el tiempo de flotación es de 20' en ésta etapa.

Las colas de éstos tres bancos (3, 4 y P.N.) pasan a un tanque -- repartidor de pulpas.

Segunda Etapa: Las colas de la flotación primaria pasan equitativamente del tanque repartidor a 5 bancos (5, 6, 7, 8 y 9), los cuales operan similarmente siendo alimentados en la primera celda obteniéndose el concentrado en las dos primeras celdas el cual es recirculado a la primera Fase (en el banco Nº 3), el producto (Medios) de las celdas restantes es recirculado a la cabeza del banco. Las colas de éstos bancos son las colas finales de operación y se reciben en una pileta para ser mandadas a la presa de Jales.

El equipo con que cuenta esta sección y los resultados que se obtienen son los siguientes:

Banco Nº.	Nº. Celdas	Tipo	Análisis % Cu		
			Cabeza	Conc.	Cola
3	8	DENVER Sub'A 24	2.4	25.3	0.95
4	8	DENVER Sub'A 24	1.1	32.0	0.50
P.N.	8	DENVER DR Nº 24	1.0	24.0	0.25
	8	DENVER Sub'A 24			
5	4	DENVER DR Nº 24	0.6	13.0	0.25
	8	DENVER Sub'A 24			

6	8	DENVER DR Nº 30	0.6	15.2	0.25
7	4	DENVER DR Nº 24	0.6	15.0	0.25
	8	DENVER Sub'A 24			
8	4	DENVER DR Nº 24	0.6	14.0	0.25
	8	DENVER Sub'A 24			
9	4	DENVER DR Nº 24	0.6	14.4	0.25
		DENVER Sub'A 24			

Tabla Nº. 4:3

Asentamiento, Filtración y Manejo de Concentrado:

El concentrado pasa a una pileta de donde es bombeado al tanque asentador Nº 1 (22' x 10') con el fin de formar una pulpa más espesa esto se puede apreciar en los siguientes datos:

	Entrada asentador	Salida asentador
Gravedad esp. de la pulpa	1060 gr/ lt.	1376 gr/ lt.
Gravedad esp. del concentrado	3.16 gr/ cc.	3.16 gr/ cc.
% Sólidos	8.28 %	40.0 %
Dilución	1 : 11.1	1 : 1.5

Del asentador es tomado por una bomba de diafragma pasandolo a un filtro de discos (DENVER de 5 discos y 8' de diámetro) opera con una presión de vacío de 13" de Hg y utilizando lona como medio filtrante (actualmente -- solo operan 2 discos) aquí se reduce hasta el 25 % de humedad.

El concentrado es almacenado en un jacalón y en los patios de donde es enviado para su venta en camiones o mediante ferrocarril a la Fundidora de I.M.M.S.A. de San Luis Potosí.

La producción mensual promedio es la siguiente:

P r o d u c t o	Peso (tons.)	L e y e s			C o n t e n i d o s		
		Au	Ag	Cu %	Au	Ag	Cu
Conc. Producido	1082.728	13.7	225	21.96	15.910	261.37	255.012
Colas	27718.987	.26	5.8	0.29	7.889	174.948	87.560
Cabezas	28801.625	.76	14	1.1	23.799	436.318	342.572
Recuperación %					66.85	59.9	74.44
Relación de Conc.	26.6 : 1						

Tabla Nº 4:4

Leyes: Au y Ag en gr/ ton. Cu %

Contenidos: Au y Ag en Kg. Cu en Tons.

RECEPCION
TOLVAS

TRITURACION

CLASIFICACION

MOLIENDA

CLASIFICACION

ACONDICIONAMIENTO Y FLOTACION

ASENTAMIENTO FILTRACION

MANEJO DE
CONCENTRADO

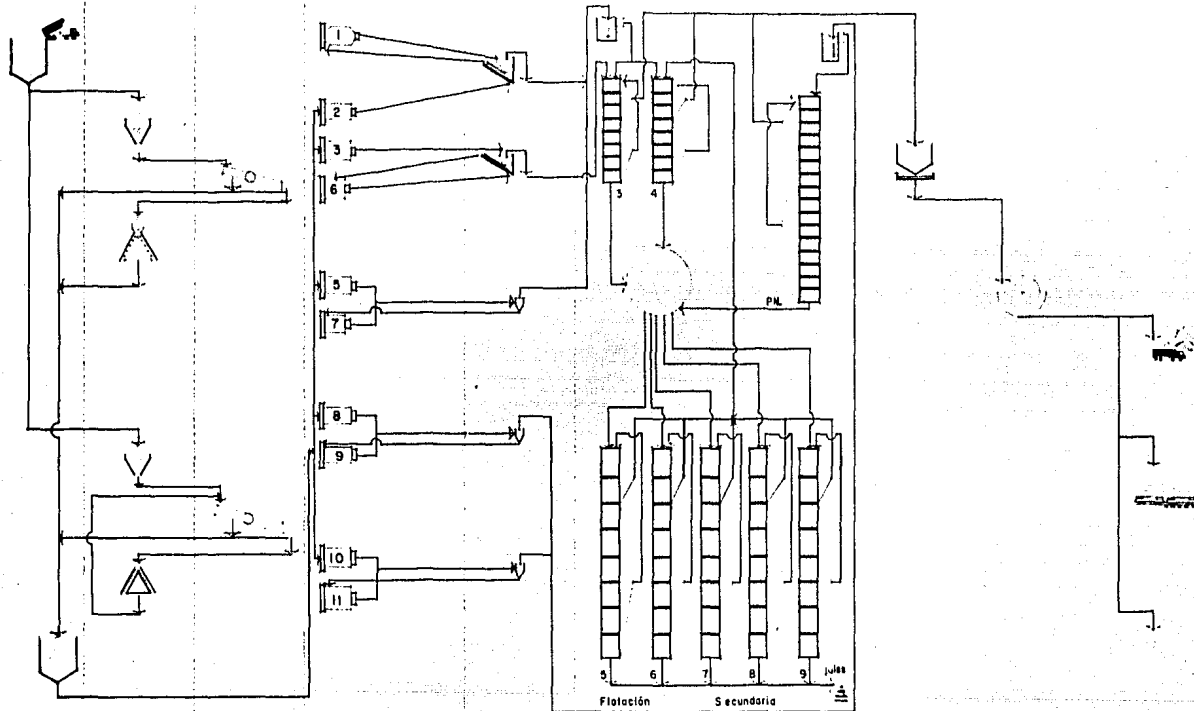


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA
PLANTA BENEFICADORA DE
COBRE.

ESCALA:	FECHA:	DIBUJO: J.J.B.	ARCHIVO:
---------	--------	-------------------	----------

5) CARACTERIZACION DEL MINERAL

La caracterización del mineral cuyo objetivo fué conocer las propiedades físicas, químicas y texturales del mineral mediante la determinación de las especies minerales presentes, sus proporciones y forma en que se encuentran asociadas, así como su génesis, se basó en los resultados de una serie de análisis químicos, instrumentales y microscópicos, efectuados a una muestra representativa del mineral, los cuales se reportan seguidamente.

Análisis Microscópico:

Tiene como objetivo determinar las especies mineralógicas, presentes en la muestra, mediante este estudio fué posible determinar básicamente dos tipos de rocas una Tactita de Granate y una Tactita de Diópsida las cuales se describen en seguida:

Tactita de Granate:

Megascópicamente: Se observa una coloración café con puntos y bandas amarillo latón, presenta una textura granoblástica y una estructura compacta, entre sus minerales se observa al Granate y a la Calcita relleno de fracturas, la Pirita y la Calcopirita se hayan diseminadas así mismo como rellenos, a la Luz Ultravioleta se observó Scheelita escasa y diseminada.

Petrográfico: Una lámina delgada de ésta muestra fué observada al microscopio petrográfico, ésta presentó un arreglo granoblástico de Granate, Calcita, Cuarzo y escasa Diópsida, también fueron observados Scheelita y minerales opacos, siendo el Granate el más abundante se le aprecia reemplazado por Calcita a través de sus bordes y fracturas, ésta a su vez incluye a la escasa Diópsida. El Cuarzo aparece relleno de oquedades y fracturas del Granate y la Scheelita está en cristales Euedrales ocupando espacios dejados por el Granate y la Diópsida, se apreciaron minerales opacos diseminados en los intersticios dejados por los anteriores minerales.

Minerográfico: Para identificar a los cuerpos opacos y observar sus relaciones texturales, se observaron al microscopio minerográfico superficies pulidas de la muestra, observandose principalmente Pirita diseminada en cristales euedrales y subedrales, Calcopirita diseminada en los intersticios dejados por la cristalización del Granate.

De lo anterior se concluye que esta roca fué originada por un metamorfismo de contacto, donde el intrusivo aportó soluciones ricas en Fe, Si, S, Cu y W, algunos de los cuales reaccionaron metasomáticamente con la Calcita de la Caliza, originando los Silicatos que la constituyen.

Tactita de Diópsida:

Megascópicamente: Esta roca presenta un color verde claro con manchas blancas y puntos amarillo latón, su textura es granoblastica y su estructura es compacta, se observan Diópsida, Calcita, escaso Granate, se aprecia Pirita y Calcopirita diseminadas y rellenando fracturas.

Petrográfico: Al observarse en láminas delgadas, se apreció una textura granoblastica formada por Diópsida, escaso Granate, Calcita, Scheelita y minerales opacos, siendo la Diópsida la más abundante, se encuentra reemplazada principalmente por minerales opacos a través de sus planos de cruce y uniones entre cristales, presentandose un redondeamiento de cristales y bordes de corrosión, lo cual hacen muy evidente el reemplazamiento, le sigue en abundancia el Granate, que se encuentra incluyendo cristales de Diópsida y Calcita a los que reemplaza, éste también se presenta rellenando fracturas en la Diópsida a la Calcita se le encuentra incluida en el Granate y la Diopsida, los minerales opacos están en menor proporción y rellenando fracturas, a la luz Ultravioleta se observó Scheelita escasamente y en cristales anedrales.

Mineragráfico: Los minerales opacos identificados en el Microscopio Mineragráfico resultaron ser los mismos que en el caso de la Tactita de Granate, presentando también el mismo arreglo textural.

De lo anterior se puede concluir que la Tactita de Diópsida emplazó en delgados cuerpos en la Tactita de Granate, por lo que es posible asumir que fué originada por un metamorfismo de contacto de cuerpos delgados de Dolomitas, interestratificados en la Caliza y éstos reaccionaron metasómicamente con las soluciones mineralizantes ricas en Sílice, Fierro y Tungsteno, dando lugar a la Diópsida, Granate y Scheelita presentes.

Análisis Espectrográfico de Emisión por Rayos X

El análisis espectral es un procedimiento físico que completa magníficamente los procedimientos químicos de análisis, ya que por éste método es posible identificar alrededor de 70 elementos químicos, con excepción de ciertos elementos inestables o radioactivos como: Halogenos, Gases, Azufre, Selenio y Carbono entre otros.

Mediante éste método se obtuvo semicuantitativamente la composición elemental de la muestra mineral, el análisis fué realizado en un Espectrógrafo de emisión de 1.5 m. de distancia focal con una dispersión de 7 Angstroms, y región Ultravioleta, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Proporción	Rangos	Elementos
Abundantes	mayor de 10 %	Ca, Fe, Si,
Menores	entre 1 y 10 %	Al, Cu,

Escasos	entre 0.1 y 1 %	Ba, W, Mg, Mn,
Mínimos	entre 0.01 y 0.1 %	Bi, Pb,
Huellas	menores 0.01 %	Co, Ni, Ti, Ag,

Tabla Nº 5:1

Análisis Espectrográfico por difracción de Rayos "X"

Con el propósito de comprobar la mineralogía determinada microscópicamente se le practicó a la muestra un estudio por difracción mediante un equipo Philips con Monocromador de Fluoruro de Litio con radiación K y método de polvos. En éste método los Rayos X son difractados por los planos atómicos de los cristales presentes en la muestra cuando se cumplen determinadas condiciones se obtiene una gráfica con las reflexiones de los componentes cristalizados, identificándose éstos por comparación con tarjetas de la A.S.T.M. Para determinar cada especie mineral se hicieron descartes por los elementos contenidos según la composición del mineral para ello fueron de gran ayuda los resultados del análisis semicuantitativo de Espectrografía de emisión.

Los minerales identificados en el Difractograma obtenido de ésta muestra fueron los siguientes:

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especies Minerales</u>
Mayor	Andradita
Mediana	Pirita
Menor	Calcopirita, Cuarzo, Calcita y Feldespatos
Pequeña	Scheelita

Tabla Nº 5:2

+ Aparecen en orden descendente según la proporción estimada.

Análisis Químico Cuantitativo:

El objeto de éste análisis es cuantificar los diferentes compuestos químicos que constituyen o hacen estimables a las especies minerales apreciadas microscópicamente en cantidades considerables, así como aquellos elementos significativos.

Como ya se antepuso, éste análisis se complementa con el análisis espectrográfico basando sus técnicas químicas, alcance y precisión en las estimaciones de dicho análisis. Las cuantificaciones se efectúan mediante análisis, Volumétricos y Gravimétricos.

En el caso del mineral en estudio se determinó la siguiente composición química:

Elemento	%
Cu	1.30
Fe	21.80
S	6.46
Mo	Trazas
CuO	0.15
MgO	0.56
CaO	27.44
Na ₂ O	0.20
K ₂ O	0.12
WO ₃	0.15
SiO ₂	30.04
Al ₂ O ₃	2.04

Tabla Nº 5:3

Análisis Colorimétrico Cuantitativo

Debido a la concentración en que se encontraron presentes el WO₃ y el Mo mediante el análisis químico cuantitativo, y debido a la radical importancia de ambos elementos, para los fines de este estudio, fué preciso corroborar estos resultados mediante una técnica más precisa y exacta en estos rangos, siendo el análisis colorimétrico el más recomendable para ello, teniendo la ventaja de ser más rápido que otros.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

WO₃ 0.15 %

Mo 0.01 %

Análisis Microscópico por Electrónica de Barrido

Con el objeto de investigar ciertos cristales submicroscópicos que no son observables por otros métodos, y para localizar e identificar especies minerales que por su baja concentración no fueron detectadas, y determinar la asociación mineralógica de estos, se le realizaron a la muestra análisis cualitativos espectrográficos por energía dispersiva de Rayos X en el microscopio electrónico de barrido. Este procedimiento es en si un microsondeo que permite observar y fotografiar en una variada gama de amplificaciones, la superficie de la muestra, poniendo de relieve detalles morfológicos con gran profundidad de campo; además de efectuar el análisis elemental de los mismos su identificación y proporción relativa en que se encuentran los elementos que la constituyen.

Las conclusiones de este análisis fueron las siguientes:

1.- El Tungsteno se encuentra asociado al Calcio formando CaWO_4 mediante la especie mineral Scheelita.

2.- Existen asociaciones Tungsteno Calcio y Molibdeno formando $(\text{Ca}, \text{Mo})\text{WO}_4$ mediante la especie mineral Powellita con proporciones variables de Molibdeno. Observándose en cristales individuales que éste disminuye de la periferia hacia el centro, debido al reemplazamiento de Tungsteno por Molibdeno en la Scheelita. Esta especie presentó una fluorescencia amarilla intensa y mediante tentaduras se le apreció una menor densidad que la Scheelita.

Mineralogía Presente:

De los estudios mineralógicos efectuados se puede estimar la presencia y proporciones de las especies minerales en la muestra, siendo las que se encuentran con más frecuencia en los minerales con que cuenta la compañía:

Especie Mineral	% Estimado
Andradita	72.00
Pirita	9.94
Calcita	6.04
Calcopirita	3.77
Diópsida	3.03
Cuarzo	2.57
Magnetita	1.40
Feldespatos	1.02
Scheelita	0.12
Powellita	0.07
Otros	0.04

Tabla Nº 5:4

6) EXPERIMENTACION METALURGICA

Generalidades:

El conocimiento de las especies minerales y los rangos en que se encuentran, permitió aprovechar sus propiedades para orientar la experimentación previendo el comportamiento del mineral a las operaciones metalúrgicas y técnicas de análisis y control.

Inicialmente se experimentó con colas generales de la planta, cuyos contenidos de WO_3 varían de 0.008 a 0.1 %, según las mezclas de minerales tratados, una vez localizados los cuerpos minerales de Scheelita se trabajó con leyes de 0.15 a 0.27 % de WO_3 y con preconcentrados de leyes mayores.

Las primeras pruebas fueron realizadas mediante concentración gravimé

trica, pero los resultados obtenidos tuvieron bajos rendimientos y recuperaciones, sin llegar a leyes comerciales en concentrados finales.

Conocido el comportamiento del mineral en operaciones gravimétricas, se buscó la combinación de operaciones metalúrgicas convenientes enfatizándose especialmente en:

Concentración Gravimétrica

Flotación Indirecta

Flotación Directa

Separación Magnética alta intensidad en seco

Separación Magnética a baja intensidad en seco y húmedo

Separación Electroestática

Se experimentó en muestras de colas de planta, minerales crudos, muestras especiales, preconcentrados y jales antiguos, efectuándose pruebas preliminares y tentativas mediante estas operaciones metalúrgicas, lo cual permitió conocer el comportamiento de los minerales a dichas operaciones, siendo éstos primeros resultados de gran ayuda para la programación de pruebas más completas, en las cuales se lograron mejores resultados, siendo los más relevantes los de las pruebas que se confinan en éste trabajo.

A continuación se presentan dichas pruebas y en cada una de ellas se anexa un diagrama en el que se indica el desarrollo de la prueba según las operaciones realizadas, en los cuadros se anotan los pesos en gramos y las leyes en por ciento de WO_3 de los productos obtenidos en cada operación.

En cada caso se presenta un balance parcial de cada una de estas operaciones y un balance general de la prueba.

Se hace además un cuadro de progresión en el que se observa claramente como fué incrementándose la ley de WO_3 y a la vez como decrece el contenido en por ciento con respecto a la ley inicial (columna de distribución %).

A manera de resumen se presentan dos cuadros, los cuales tienen la finalidad de hacer claros los resultados obtenidos en estas pruebas, y si cabe normar un criterio de comparación.

PRUEBA 1

Objetivo: El objetivo primordial de esta prueba fué visualizar el comportamiento de colas generales de flotación de Cobre con bajas concentraciones de WO_3 , sometido a concentración gravimétrica en mesa Wilfley habiendo sido pertinente combinar operaciones de separación magnética en alta y baja intensidad con flotación, debido a la proporción de Pirita, Granate y Magnetita los cuales concentraron graviméricamente.

Muestra: La muestra mineral consistió en un compuesto mensual de colas generales de la planta, con un peso de 100 Kg. a una molienda de -48 mallas y una ley de 0.008 % de WO_3 .

Desarrollo: Esta prueba consistió en tres pasos de concentración gravimétrica en mesa Wilfley y fué necesario hacer dos flotaciones de Pirita, separar Magnetita a baja intensidad y finalmente los Granates concentrados fueron separados magnéticamente en alta intensidad lo cual queda expuesto en el diagrama de esta prueba sus resultados parciales y generales quedan asentados en los cuadros 1, 2 y 3.

Equipo utilizado y condiciones: Los tres pasos de concentración gravimétrica se efectuaron en una mesa Wilfley de laboratorio de 50" x 24" y se le operó a 280 golpes/ min.

La flotación de Piritas se efectuó en celda de laboratorio Galingher de 2 Kg. de capacidad a 1800 r.p.m. utilizando diluciones de 3:1 (25 % de sólidos) y bajo las siguientes condiciones:

Reactivos	gr/ ton.	Lugar de Adición	Tiempo de Acd.	Tiempo de Flot.	pH
H_2SO_4	400	Celda	2'	3'	7
X. Amílico de K.	20	"			
Ester MX	40	"			
X. Amílico de K.	5 x 10	Celda	1'/adición	3'/adición	
Ester MX	5 x 40	"			

La segunda flotación de Piritas se hizo bajo las siguientes condiciones:

Reactivos	gr/ ton	Tiempo de Acd	Tiempo de Flot.
X. Amílico de K.	4 x 10	1', 1', 1', 1',	2 1/2', 2', 2', 2',
Ester MX	4 x 40		

La separación magnética en húmedo se realizó con un núcleo de laboratorio con campo de 800 Gauss de Inducción Magnética.

La separación magnética en seco se realizó a 8000 Gauss en un Separador Magnético Stearns (Ring Type)

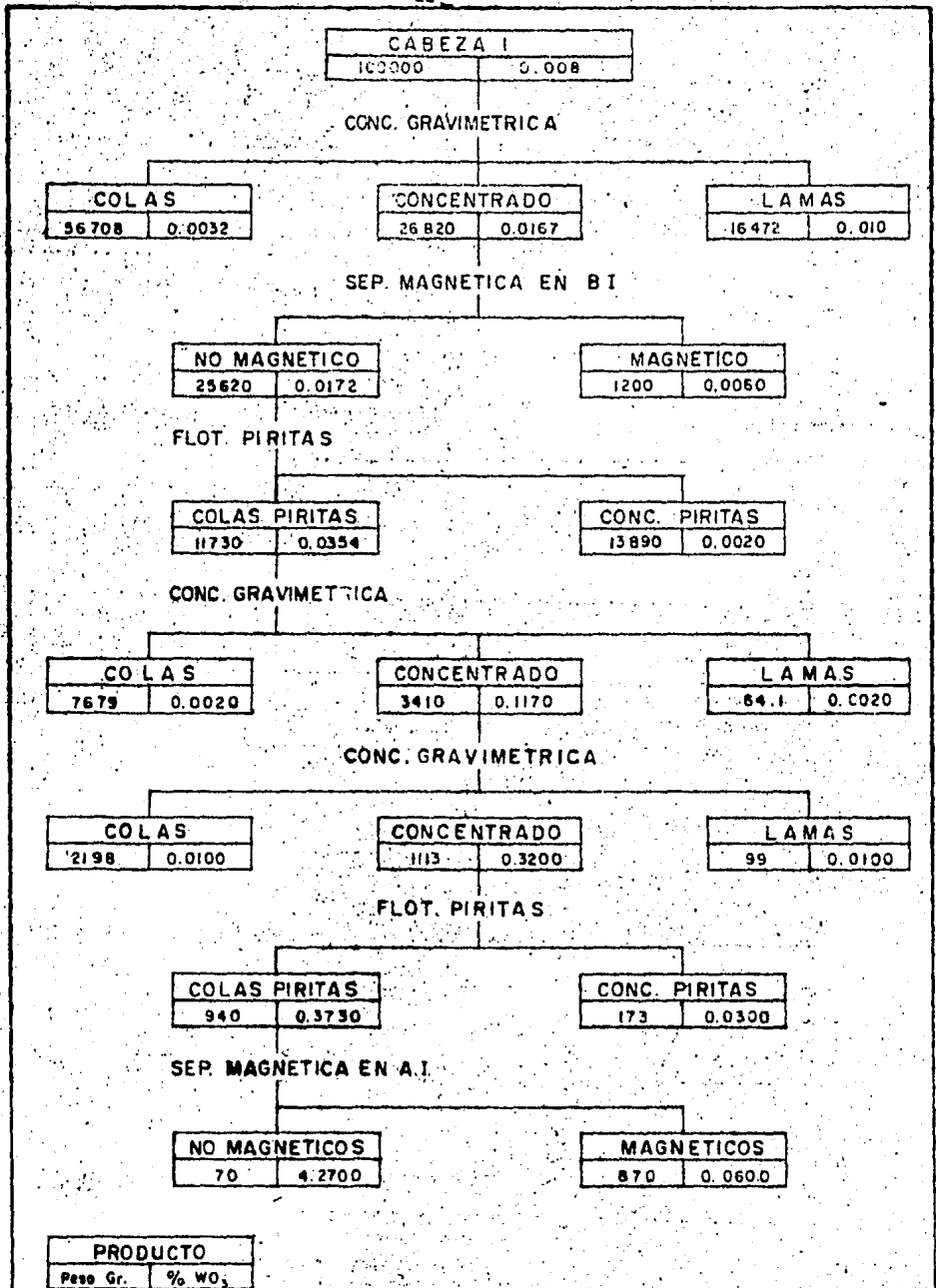


DIAGRAMA No. 1

DIAGRAMA DE LA PRUEBA 1 EFECTUADA CON COLAS DE FLOTACION DE COBRE.

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	WO ₂ (%)	CONTENIDO	OST.(%)
I	CABEZA	100.00	0.0078	7.7650	100.00
SM 17	CONCENTRADO	0.070	4.2700	0.2989	38.49
SM 17	MAGNETICOS	0.870	0.0600	0.0516	6.64
FP 16	CONC. PIRITAS	0.175	0.030	0.0052	0.67
M 15	LAMAS MESA	0.099	0.010	0.0010	0.13
M 15	COLAS	2.198	0.010	0.0220	2.83
M 14	LAMAS MESA	0.641	0.002	0.0013	0.17
M 14	COLAS	7.679	0.002	0.0154	1.98
FP 13	CONC. PIRITAS	13.890	0.002	0.0278	3.58
SM 12	MAGNETICOS	1.200	0.005	0.0072	0.93
M 11	LAMAS MESA	16.412	0.100	0.1646	21.21
M 11	COLAS	56.708	0.0032	0.1815	23.37
			0.0078	0.7785	

CUADRO No. 1
BALANCE METALURGICO GENERAL DE LA PRUEBA No. 1

I	CABEZA	100.00	0.0078	7.8000	100.00
M 11	CONC. MESA	26.88	0.0167	4.4789	57.68
SM 12	NO MAGNETICOS	25.62	0.0172	4.4066	56.75
FP 13	COLAS PIRITAS	11.73	0.0354	4.1524	53.98
M 14	CONC. MESA	3.41	0.1170	3.9897	51.38
M 15	CONC. MESA	1.11	0.3200	3.5616	45.87
FP 16	COLAS PIRITAS	9.40	0.3730	3.5062	45.13
SM 17	CONCENTRADO	0.07	4.2700	2.9890	38.49

CUADRO No. 2
PROGRESION EN LAS OPERACIONES DE LA PRUEBA No. 1

PRODUCTO	REL	PESO (Gr)	PESO(%)	R.C	WO, (%)	CONTENIDOS	DIST(%)
----------	-----	-----------	---------	-----	---------	------------	---------

PASO 1 CONCENTRACION GRAVIMETRICA							
CABEZA	I	100 000			0.0080	9.0000	
LAMAS	M 11	16 472	16 47	6.07	0.0100	0.1647	20.74
COLAS	M 11	56 708	56 71	1.76	0.0032	0.1815	22.86
CONC	M 11	26 820	26.82	3.73	0.0167	0.4479	56.40
LEY CALC.					0.0079	0.7941	
A LEY					108.75		

PASO 2 SM 2 SEPARACION MAGNETICA EN B I 800 GAUSS							
CONC	M 11	26820	100.00		0.0167	4.4789	100.00
MAGNETITA	SM 2	1200	4.47	22.35	0.0060	0.0264	1.61
NO MAGNETICO	SM 12	25620	95.53	1.05	0.0172	1.6430	98.39
LEY CALC.					0.0167	1.6698	
A LEY					2.99		

PASO 3 F 12 FLOTACION PIRITAS							
NO MAGNETICO	SM 2	25620			0.0172	4.4066	100.00
CONC PIRITAS	F 12	11890	54.22	1.84	0.0020	0.1084	6.27
COLAS	F 12	11730	45.78	2.18	0.0354	1.6208	
LEY CALC.					0.0173	1.7232	
A LEY					105.81		

PASO 4 M 14 CONCENTRACION GRAVIMETRICA							
COLAS PIRITA	F 12	11730	100.00		0.0354	4.1524	100.00
LAMAS	M 14	641	5.46	18.32	0.0020	0.0110	0.31
COLAS	M 14	7679	65.47	1.53	0.0020	0.1309	3.69
CONC	M 14	3410	29.07	3.44	0.1170	3.4012	96.00
LEY CALC.					0.0354	3.5431	
A LEY					230.51		230.51

PASO 5 M 15 CONCENTRACION GRAVIMETRICA							
CONC	M 14	3410	100.00		0.1170	3.9897	100.00
LAMAS	M 15	99	2.90	34.44	0.0100	0.0290	0.26
COLAS	M 15	2198	64.46	1.56	0.0100	0.6446	5.80
CONC	M 15	1113	32.64	3.06	0.3200	10.4446	93.94
LEY CALC.					0.1112	11.1182	
A LEY					173.5		

PASO 6 M 16 FLOTACION PIRITAS							
CONC	M 15	1113	100.00		0.3200	3.5616	100.00
CONC PIRITAS	F 16	173	15.54	6.43	0.0300	0.4663	1.46
COLAS PIRITAS	F 16	940	84.46	1.18	0.3730	31.5022	98.54
LEY CALC.					0.3197	31.9685	
A LEY					16.56		

PASO 7 SM 17 SEPARACION MAGNETICA EN A I 8000 GAUSS							
COLAS PIRITAS	F 16	940	100.00		0.3730	3.5060	100.00
MAGNETICO	SM 17	870	92.55	1.08	0.0600	5.5532	14.87
CONC. SCHEELITA	SM 17	70	7.45	13.42	4.2700	31.7974	85.13
LEY CALC.					0.374	37.3511	
A LEY					1044.77		

CONCENTRADO	SM 17	70	0.07	1429	4.27	2.989	37.36
-------------	-------	----	------	------	------	-------	-------

CUADRO No. 3

BALANCES METALURGICOS PARCIALES DE LA PRUEBA No. 1

OBSERVACIONES:

1.- En el primer paso de concentración gravimétrica (paso M 1) se observó en la zona de separación de la mesa, la formación de franjas bien definidas, y por medio de tentaduras se observaron también finos de Scheelita en la zona de colas y lamas.

2.- El concentrado estuvo formado por Granate y Pirritas gruesas, regulares proporciones de Magnetita y Pirita fina, así como Scheelita en menor escala.

3.- La producción desmedida de finos en la muestra colectada, ocasionó las pérdidas mayores de la prueba, las cuales se suscitaron en el paso 1 (productos M:1).

4.- El máximo incremento de la ley se obtuvo mediante la separación magnética en alta intensidad (paso M 1:7).

PRUEBA 2

Objetivo: Esta prueba tiene como objetivo observar el comportamiento del mineral de Scheelita con ley más alta en WO_3 que en la prueba anterior, sin otras mezclas minerales que lo diluyan y alteren su comportamiento, combinándose de manera semejante a la prueba anterior operación de concentración gravimétrica-fotación-separación magnética.

Muestra: Esta prueba se realizó con un compuesto de núcleos de barrenación de la mina La Mexicana cuyo contenido de WO_3 es de 0.245 %. La muestra tuvo un peso de 34 Kg. aproximadamente y la granulometría con que se trabajó fué de -100 mallas.

Desarrollo: Mediante el método directo a esta muestra se le hicieron determinaciones de molienda en húmedo directo, a una de éstas moliendas se le efectuó un estudio de liberación aplicando la técnica Point-Counting.

Obteniéndose los siguientes resultados:

Producto	Peso %	Leyes WO_3	Contenido WO_3	Distrib. WO_3	% Liberación	
					Relativa	Total
-65 +100	2.32	0.072	0.167	1.09	74.48	0.81
-100 +150	11.48	0.092	1.113	7.29	95.00	6.93
-150 +200	21.04	0.120	2.524	16.54	100.00	16.53
-200	65.16	0.176	11.468	75.09	100.00	75.09
Totales	100.00		15.272	100.00		99.36

Asociando los resultados anteriores con las condiciones de molienda en la planta y considerando a la Scheelita como un subproducto se optó por darle a la muestra una molienda controlada a -100 mallas para evitar la producción excesiva de lamas, causa que afectó en forma grave los pasos de concentración gravimétrica de la prueba anterior.

Similarmente a la prueba 1, ésta muestra se sometió a tres pasos en mesa, haciéndose pertinente eliminar los sulfuros por flotación, separando la Magnetita en húmedo y a Baja Intesidad y los Granates en seco y a Alta Intesidad.

En el paso 7 se hizo necesaria la eliminación de Piritas, y ante la imposibilidad de flotarlas efeicientemente debido a lo escaso del producto (67 gr.), se le efectuó una tostación a 700-750 $^{\circ}C$ sin reactivos, con la finalidad de hacer Magnética a la Pirita, separándola en alta intesidad para lograr un concentrado final de ley comercial. (Conc SM 2 8 de 62.7 % de WO_3).

La forma en que se suscitaron éstas operaciones quedan expuestas en el diagrama Nº 2 de la prueba 2, los productos y valores obtenidos están expresados en forma semejante al diagrama 1.

Equipo Utilizado y Condiciones: El equipo empleado en las operaciones de concentración gravimétrica, flotación y separación magnética fué el mismo y operando en igual forma que para la prueba anterior.

Para la determinación de molienda se empleó un molino de laboratorio 8" x 8" operando a 71 r.p.m. y una carga de bolas de 8.76 Kg. La carga mineral fué de 1000 gr. a -14 mallas y una dilución 1:1, siendo el tiempo - computado de 14 '.

La tostación de las Piritas se efectuó en una mufla común de laboratorio con atmósfera ambiental, sin reactivos a 700-750 °C.

Las condiciones para la flotación de Sulfúros fueron las siguientes:

Reactivos	gr/ton	Tiempo de Ac.	Tiempo de Flot.	Producto
X. Amílico de K.	15	3'	6'	Conc. Sulfúros
X. Isop. de Na	15			
Pino / 70	40/ 30			
X. Amílico de K.	2 x 30	1' + 1'	6' + 5'	Conc. Piritas
X. Isopropílico Na	2 x 20			
Pino / 70	2(40/30)			
pH de operación	7.2			
Dilución	3 : 1			
% de sólidos	25 %			

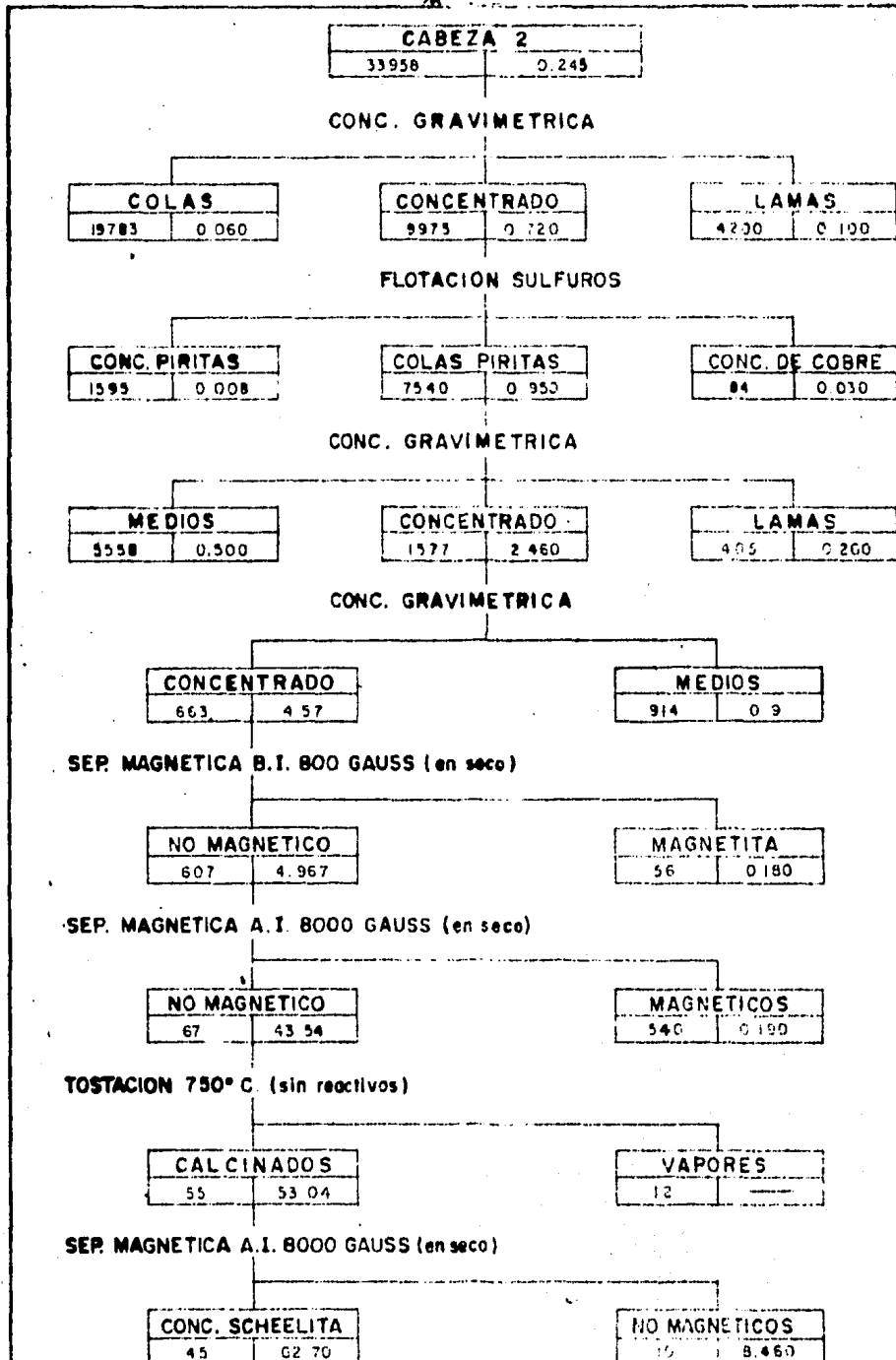


DIAGRAMA No.2

PRUEBA No.2 REALIZADA CON MINERAL DE TUNGSTENO SIN TRATAMIENTO PREVIO.

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	WO ₃ (%)	CONTENIDOS	DIST. (%)
2	CABEZA	100.00	---	---	---
SM 28	CONCENTRADO	0.13	62.700	8.3088	38.37
SM 28	MAGNETICOS	0.03	8.460	0.2491	1.01
T 27	VAPORES	0.04	0.000	0.0000	0.00
SM 26	MAGNETICOS	1.59	0.190	0.3021	1.23
SM 25	MAGNETITA	0.16	0.180	0.0297	0.12
M 24	MEDIOS MESA	2.69	0.900	2.4224	9.88
M 24	LAMAS MESA	1.19	0.200	0.2385	0.97
M 23	MEDIOS MESA	16.37	0.500	8.1836	33.37
FS 22	CONC. COBRE	0.25	0.030	0.0074	0.03
FS 22	CONC. PIRITAS	6.92	0.008	0.0554	0.23
M 21	LAMAS MESA	12.37	0.100	1.2368	5.04
M 21	COLAS MESA	58.26	0.060	3.4954	14.25
			0.245	25.5292	

CUADRO No. 4
BALANCE METALURGICO DE LA PRUEBA No. 2

2	CABEZA	100.00	0.245	83.197	100.00
M 21	CONC. MESA	29.37	0.720	71.820	86.38
FS 22	COLAS PIRITAS	22.20	0.950	71.630	86.10
M 23	CONC. MESA	4.64	2.460	38.794	46.63
M 24	CONC. MESA	1.95	4.570	30.229	36.41
SM 25	NO MAGNETICOS	1.78	4.967	30.150	36.23
SM 26	NO MAGNETICOS	0.197	43.540	29.172	35.06
TP 27	CALCINADOS	0.162	53.040	29.172	35.06
SM 28	CONCENTRADO	0.133	62.700	28.814	33.91

CUADRO No. 5
PROGRESION EN LAS OPERACIONES DE LA PRUEBA No. 2

PRODUCTO	REL.	PESO (gr.)	R:C	PESO%	WO ₂ (%)	CONTENIDO	DISTR.
----------	------	------------	-----	-------	---------------------	-----------	--------

PASO 1 CONCENTRACION GRAVIMETRICA

CABEZA		2	33 958	100.00	—	0.240	81.4990	100.00
LAMAS	M	21	4 200	12.37	8.08	0.100	1.2366	4.78
COLAS	M	21	19 783	58.26	1.72	0.060	3.4954	13.51
CONCENTRADO	M	21	9 975	29.37	3.40	0.720	21.1497	81.71
LEY CALC.						0.259	25.8819	
A LEY						200		

PASO 2 FLOTACION SULFUROS

CONCENTRADO	M	21	99 75	100.00	—	0.720	71.820	100.00
CONC. PIRITA	F	22	23 51	23.57	4.24	0.008	0.189	0.282
CONC. COBRE	F	22	84	0.84	19.05	0.030	0.025	0.035
COLAS	F	22	75 40	75.59	1.32	0.950	71.810	99.703
LEY CALC.						0.720	72.024	
A LEY						31.94		

PASO 3 CONCENTRACION GRAVIMETRICA

COLAS	F	22	75 40	100.00	—	0.950	71.630	100.00
LAMAS	M	23	4 05	5.37	18.62	0.200	1.074	1.20
MEDIOS	M	23	55 58	73.71	1.35	0.500	36.857	41.24
CONCENTRADO	M	23	15 77	20.92	4.78	2.460	51.451	57.56
LEY CALC.						0.894	89.382	
A LEY						158.95		

PASO 4 CONCENTRACION GRAVIMETRICA

CONCENTRADO	M	23	15 77	100.00	—	2.460	38.794	100.00
MEDIOS	M	24	914	57.96	1.73	0.900	252.162	21.35
CONCENTRADO	M	24	663	42.09	2.38	4.570	192.131	78.65
LEY CALC.						0.244	244.293	
A LEY						85.77		

PASO 5 SEPARACION MAGNETICA BAJA INTENSIDAD 800 GAUSS

CONCENTRADO	SM	24	663	100.00	—	4.570	30.299	100.00
MAGNETITA	SM	25	56	8.45	11.83	0.180	1.520	0.33
NO MAGNETICO	SM	25	607	91.55	1.1	4.967	454.747	99.67
LEY CALC.						4.563	456.267	
A LEY						8.69		

PASO 6 SEPARACION MAGNETICA EN ALTA INTENSIDAD (SECO) 8000 GAUSS

NO MAGNETICO	SM	25	607	100.00	—	4.967	30.150	100.00
MAGNETICO	SM	26	540	88.96	1.12	0.190	16.902	3.40
NO MAGNETICO	SM	26	67	11.04	9.06	43.540	480.590	96.60
LEY CALC.						4.975	497.492	
A LEY						776.59		

PASO 7 TOSTACION PIRITAS 700-750° C.

NO MAGNETICO	SM	26	67	100.00	—	43.540	29.172	100.00
VAPORES T.	T.	27	12	17.91	5.58	0.000	0.000	00.00
CALCINACION	T.	27	55	87.09	1.22	53.040	4354.000	100.00
LEY CALC.						43.54	4354.000	
A LEY						21.82		

PASO 8 SEPARACION MAGNETICA A.I (SECO) 8000 GAUSS

CALCINADO	T.	27	55	100.00	—	53.040	29.172	100.00
MAGNETICOS	SM	28	10	18.18	5.5	8.460	153.818	2.91
CONC. SChELITA	SM	28	45	81.82	1.22	62.700	530.114	97.09
LEY CALC.						52.830	5283.932	
A LEY						18.21		

CONCENTRADO	SM	28	45	0.133	754.6	62.70	28.214	34.82
A LEY						2625		

CUADRO No. 6

BALANCES METALURGICOS PARCIALES DE LA PRUEBA No. 2

OBSERVACIONES:

1.- El control ejercido sobre la molienda, limitó la producción de finos, observándose una proporción menor de valores en colas y lamas de los pasos gravimétricos.

2.- Los medios de mesa M 23 y M 24 presentaron contenidos de Scheelita factibles de recuperarse por recirculación.

3.- El menor contenido de Piritas permitió mejorar las operaciones y lograr buenos incrementos de ley en cada paso.

4.- La flotación de sulfuros a pH natural motivó una mayor activación de Piritas disminuyendo considerablemente el tiempo de flotación de éstas (de 26.5' en la prueba 1 a 11' en la prueba 2).

5.- El arrastre mecánico de Scheelita en la flotación disminuyó considerablemente.

PRUEBA 3

Objetivo: El objetivo de esta prueba fué apreciar el comportamiento del mineral de Scheelita al efecto concentrador de la mesa Wilfley en una ley similar al de la prueba 2 eliminando en parte el efecto clasificador de la mesa, mediante una alimentación de granulometría homogénea; combinando operaciones de separación magnética y flotación.

Muestra: La muestra mineral consistente en un compuesto de la mina "Mojarra" con un peso de aproximadamente 150 Kg., fué reducida a -10 mallas, encontrándosele una ley de 0.268 % de WO_3 .

Desarrollo: En base a las experiencias anteriores y para los fines de ésta prueba se optó por una molienda controlada a -65 mallas para producir una menor cantidad de finos, a los productos de ésta molienda se les clasificó en la forma siguiente:

Producto	% Peso
-65 + 100	31.36
-100 + 200	33.50
- 200	<u>35.14</u>
	100.00

A estos tres productos clasificados se les efectuó a cada uno de ellos y en forma separada una flotación de Sulfuros, separándoles la Magnetita en húmedo mediante un núcleo de laboratorio con campo magnético de 800 Gauss de intensidad.

Una vez separados los Sulfuros y Magnetita, se les efectuó una concentración gravimétrica en mesa Wilfley obteniéndose concentrados de leyes elevadas en éste paso.

Estos concentrados fueron reunidos en la operación indicada en el diagrama Nº 3 como suma de concentrados y debido al alto contenido observado en los medios del producto a -200 mallas también se le reunió a los concentrados mencionados. A este concentrado general se le sometió a una segunda concentración gravimétrica lográndose obtener una ley muy satisfactoria en el concentrado con solo dos pasos en mesa.

A éste concentrado gravimétrico, se le hizo una flotación de Pirritas. A las colas de ésta flotación se les efectuó una separación magnética en seco a baja intensidad (1000 Gauss) con el objeto de separar la Magnetita remanente, a los no magnéticos se les separó el Granate en alta intensidad en seco, llegándose a un concentrado final de 49.49 % de WO_3 .

El desarrollo de ésta prueba queda indicado en el diagrama Nº 3 en el cual el paso 5 de la suma de concentrados no indica operación metalúrgica.

Equipo Utilizado y Condiciones: La molienda se efectuó en molino de laboratorio de 8" x 9" operado a 75 r.p.m. y 13.7 Kg. de bolas. La carga al molino fué de 1 Kg. a -14 mallas, con dilución 1:1 y el tiempo de molienda a -65 mallas fue de 7.5 min.

La clasificación se hizo manualmente empleando para ello mallas Standard Tyler.

La separación magnética se hizo en húmedo con núcleo de laboratorio de -800 Gauss de inducción magnética.

La flotación de la muestra se hizo en una celda de laboratorio Wemco de 1 Kg. de capacidad y bajo las siguientes condiciones: pH natural 6.8; dilución -3:1

Reactivos	gr/ ton.	Tiempo de Ac.	Tiempo de Flot.
X. Amílico de K.	15	3'	5'
Hercomín A-O ₃	30		
X. Amílico de K.	3 x 10	1' + 1' + 1'	3' + 3' + 3'
Hercomín A-O ₃	3 x 30		

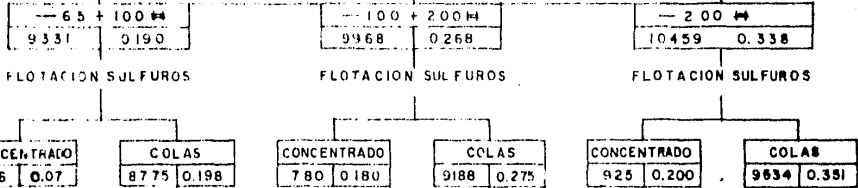
La segunda flotación de Piritas se hizo bajo las siguientes condiciones:

Reactivos	gr/ ton.	Tiempo de Ac.	Tiempo de Flot.
X. Amílico de K.	2 x 15	1' + 1'	3' + 2'
Hercomín A-O7	2 x 30		

La concentración gravimétrica se llevó a efecto en la mesa Wilfley de la planta piloto de Macocozac. 94" x 47.5" operando a 280 golpes / min.

CABEZA	3
297 58	0.268

MOLIENDA Y CLASIFICACION



S.M.B.I

S.M.B.I

S.M.B.I

MAGNETICO	NO MAGNETICO
107	0.050
8668	0.200

CONC GRAVIMETRICA

MAGNETICO	NO MAGNETICO
63	0.120
9125	0.276

CONC GRAVIMETRICA

MAGNETICO	NO MAGNETICO
86	0.150
9448	0.383

CONC GRAVIMETRICA

LAMAS	
285	0.140

COLAS	
4657	0.037

MEDIOS	
3012	Ind

CONCENTRADO	
714	2.138

LAMAS	
987	0.160

COLAS	
4190	0.070

MEDIOS	
3362	0.110

CONCENTRADO	
586	2.900

LAMAS	
2492	0.230

COLAS	
6120	0.100

MEDIOS	
410	2.020

CONCENTRADO	
426	2.650

SUMA DE CONCENTRADOS	
2136	2.427

CONCENTRACION GRAVIMETRICA (2)

MEDIOS	
5.8	1070

CONCENTRADO	
428	11.200

COLAS	
1390	0.140

FLOTACION PIRITAS

COLAS	
359	1.350

CONC. PIRITAS	
69	0.110

S.M.B.I (2)

NO MAGNETICO	
343	14.000

MAGNETITA	
16	0.180

S.M.A.I

NO MAGNETICO	
96.0	49.49

MAGNETICO	
247	0.11

DIAGRAMA Nº 3

PRUEBA Nº 3 EN QUE SE CLASIFICARON PRODUCTOS A (-65+100M) (-100+200M) (-200M)

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	LEY WO. (%)	CONTENIDO	DIST (%)
3	CABEZA	100.00	0.268		
SM 39	CONC	0.323	49.490	15.9853	59.76
SM 39	MAGNETICO	0.830	0.110	0.0913	0.34
SM 39	MAGNETITA	0.540	0.160	0.0864	0.32
FP 37	CONC. PIRITAS	0.232	0.110	0.0255	0.10
M 36	COLAS	4.670	0.140	0.6538	2.44
M 36	MEDIOS	1.069	1.070	1.1438	4.28
M' 36	LAMAS	12.649	0.205	2.5930	9.69
M/ 34	COLAS	50.297	0.072	3.6214	13.54
M/ 34	MEDIOS	21.419	0.058	1.2423	4.64
SM-33	MAGNETICO	0.860	0.101	0.0869	0.32
FS 32	CONC. SULFUROS	7.598	0.161	1.2233	4.58
LEY CALCULADA			0.268	26.7530	

CUADRO # 7
BALANCE METALURGICO GENERAL DE LA PRUEBA N° 3

3	CABEZA	100.00	0.2675	74.60	100.00
FS 32	COLAS SULFUROS	92.40	0.2767	76.08	95.57
SM 33	NO MAGNETICO	91.54	0.2785	75.86	95.30
M 34	CONC. MESA	7.18	2.4270	51.84	65.12
M 36	CONC. MESA	1.44	11.200	47.94	60.22
FP 37	COLAS PIRITAS	1.21	13.350	47.93	60.21
SM 39	NO MAGNETICO	11.5	14.000	48.02	60.32
SM 39	CONCENTRADO	0.32	49.490	47.91	59.68

CUADRO # 8
PROGRESION DE LA PRUEBA N° 3.

PRODUCTO RELACION PESO(g) PESO(%) R.C. MO. (%) CONTENIDO DIST (%) RELACION PESO(g) PESO(%) R.C. MO. (%) CONTENIDO DIST (%) RELACION PESO(g) PESO(%) R.C. MO. (%) CONTENIDO DIST (%)

PASO 1
CAMERA
-85 + 100
-100 + 200
-200
LEY CALC
A LEY

CLASIFICACION
3 28758 100.00 0.268 79.750 100.00
C 31 9331 31.36 3.19 0.190 5.960 22.29
C 31 9268 33.50 2.98 0.188 8.280 32.58
C 31 10459 35.14 2.85 0.338 11.800 44.13
0.267 26.740

0.338 35.331 100.00
F332-200 925 8.84 11.31 0.220 1.769 5.24
F332-200 9354 91.16 1.09 0.351 31.986 94.76
0.358 32.749
3.85

PRODUCTO - 65 + 100

PRODUCTO - 100 + 200

PRODUCTO - 200

PASO 2 FLOTACION SULFUROS
PRODUCTO C 31+100 9331 100.00 0.190 17.720 100.00
CONCENTRADO F332+100 556 5.98 16.78 0.070 0.417 2.19
COLAS F332+100 8775 94.04 1.06 0.198 18.303 97.81
0.190 18.037
4.21

FLOTACION SULFUROS
C 31+200 9368 100.00 0.268 27.714 100.00
F332+200 780 7.83 12.77 0.180 1.409 5.27
F332+200 9188 92.17 1.08 0.275 25.351 94.73
0.268 26.759
2.610

FLOTACION SULFUROS
C 31-200 10459 100.00 0.338 35.331 100.00
F332-200 925 8.84 11.31 0.220 1.769 5.24
F332-200 9354 91.16 1.09 0.351 31.986 94.76
0.358 32.749
3.85

PASO 3 SEPARACION MAGNETICA B I (HUMEDA) 800 GAUSS
COLAS F332+100 8775 100.00 0.198 17.375 100.00
MAGNETICO SM33+100 107 1.22 11.9 0.050 0.067 0.31
NO MAGNETICO SM33+100 8668 98.78 1.0 0.200 19.756 99.69
0.198 19.817
1.01

SEPARACION MAGNETICA B I (HUMEDA) 800 GAUSS
C 31+200 9188 100.00 0.275 25.267 100.00
SM33+200 63 0.68 107.1 0.120 0.082 0.55
SM33+200 9125 99.31 1.0 0.276 27.411 99.72
0.275 27.493
0.36

SEPARACION MAGNETICA B I (HUMEDA) 800 GAUSS
F332-200 9354 100.00 0.351 33.484 100.00
SM33-200 66 0.91 110.9 0.190 0.133 0.38
SM33-200 9448 99.09 1.0 0.353 34.981 99.62
0.350 35.018
0.51

PASO 4 CONCENTRACION GRAVIMETRICA
NO MAGNETICO SM33+100 8668 100.00 0.200 17.336 100.00
LAMAS M 34+100 285 3.29 30.40 0.140 0.460 2.20
COLAS M 34+100 4857 93.72 1.98 0.037 1.988 9.94
MEDIO M 34+100 3072 54.75 2.90 INDICIOS 0.000 0.00
CONCENTRADO M 34+100 714 8.24 12.10 2.138 17.611 87.85
0.200 20.049
939.00

CONCENTRACION GRAVIMETRICA
SM33+200 9125 100.00 0.276 25.183 100.00
M 34+200 987 10.82 9.24 0.160 1.731 6.27
M 34+200 4190 45.92 2.17 0.070 3.214 11.64
M 34+200 3352 36.94 2.71 0.110 4.033 14.67
M 34+200 386 4.21 12.31 2.900 18.621 87.42
0.276 27.621
930.72

CONCENTRACION GRAVIMETRICA
SM33-200 9448 100.00 0.353 33.330 100.00
M 34-200 2492 26.38 37.90 0.230 6.087 18.25
M 34-200 6120 64.78 1.54 0.100 6.478 19.89
M 34-200 410 4.34 23.04 2.020 9.767 26.38
M 34-200 426 4.50 22.22 2.650 11.925 35.88
0.332 33.237
630.7

CONCENTRADO M 34+100 714 2.40 41.77 2.138 15.265 19.18
897.7

CONCENTRADO M 34+200 586 1.97 50.78 2.900 16.934 21.56
932.1

CONCENTRADO M 34-200 850 2.80 35.60 2.340 19.370 24.60
773.90

PASO 5
CONC. + 100
CONC. + 200
CONC. - 100
MEDIO - 200
CONCENTRADO

SUMA DE CONCENTRADOS
M 34+100 714 33.43 2.138 7.467 29.45
M 34+200 586 27.43 2.900 79.360 32.79
M 34-200 426 19.48 2.650 32.851 21.76
M 34-200 410 19.13 2.020 38.773 15.08
M 35 2136 100.00 2.427 124.631 100.00

CONCENTRADO
ALEY

M 35 2136 7.16 13.93 2.427 31.83 64.99
802.6

PASO 6
CONCENTRADO
COLAS
MEDIO
CONCENTRADO
LEY CALC
ALEY

CONCENTRACION GRAVIMETRICA
SC 35 2136 100.00 2.427 51.84 100.00
M 36 1390 63.09 1.53 0.140 9.11 3.43
M 36 318 14.89 6.12 1.070 15.93 6.39
M 36 428 20.03 4.99 11.200 24.42 89.98
2.495 245.46
381.48

PASO 7
CONCENTRADO
CONC. PIRITAS
COLAS PIRITAS
LEY CALC
ALEY

FLOTACION PIRITAS
M 38 428 100.00 11.200 97.936 100.00
PP 37 89 16.12 8.20 0.110 1.779 0.15
PP 37 358 83.88 1.20 13.550 118.862 99.85
11.216 121.635
19.20

PASO 8
COLAS PIRITAS
MAGNETITA
NO MAGNETICO
LEY CALC
ALEY

SEPARACION MAGNETICA B I (SECO) 1000 GAUSS
PP 37 358 100.00 13.550 47.920 100.00
SM 39 16 4.46 22.42 0.160 0.715 0.03
SM 39 343 95.54 1.05 14.000 1337.605 99.95
13.360 1339.320
4.88

PASO 9
NO MAGNETICO
MAGNETICO
NO MAGNETICO
LEY CALC
ALEY

SEPARACION MAGNETICA A I (SECO) 8000 GAUSS
SM 38 343 100.00 14.000 48.020 100.00
SM 39 247 72.01 1.39 0.110 1.970 0.57
SM 39 98 27.99 3.57 45.480 186.143 59.43
13.930 1399.083
233.5

CONCENTRADO
ALEY

SM 39 98 0.32 3.10 49.49 47.51 59.57
185.66

CUADRO No. 9

BALANCES METALURGICOS PARCIALES DE LA PRUEBA No. 3

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	WO ₂ (%)	CONTENIDO	DIST (%)
C 31+100	PRODUCTO 65+100	100.00	0.190	1.3566	100.00
M 34+100	CONCENTRADO	7.65	2.138	16.3598	85.62
M 34+100	LAMAS MESA	3.05	0.140	0.4276	2.24
M 34+100	COLAS MESA	49.91	0.037	1.0466	9.56
M 34+100	MEDIOS MESA	32.28	INDICIOS	0.0000	---
SM33+100	MAGNETICOS	1.15	0.050	0.0573	0.30
FS 32+100	CONC SULFUROS	5.96	0.070	0.4171	2.18
			0.191	19.1084	

C 31+100	PRODUCTO + 100	100.00	0.190	17.7289	100.00
FS 32+100	COLAS SULFUROS	94.04	0.198	17.3745	98.00
SM33+100	NO MAGNETICO	92.89	0.200	17.3360	97.78
M 34+100	CONCENTRADO	7.66	2.138	15.2653	86.10

C 31+200	PRODUCTO 100+200	100.00	0.265	26.7142	100.00
M 34+200	CONCENTRADO	5.88	2.900	17.0486	67.75
M 34+200	LAMAS MESA	9.90	0.016	0.0158	0.06
M 34+200	COLAS MESA	42.03	0.070	2.9424	11.68
M 34+200	MEDIOS MESA	33.73	0.110	3.7101	14.72
SM33+200	MAGNETICOS	0.63	0.120	0.0758	0.30
FS 32+200	CONC. SULFUROS	7.83	0.180	1.4085	5.59
			0.252	25.2012	

C 31+200	PRODUCTO 100+200	100.00	0.268	26.7142	100.00
FS 32+200	COLAS SULFUROS	92.17	0.275	25.2670	94.58
SM33+200	NO MAGNETICO	91.54	0.276	25.1850	94.28
M 34+200	CONCENTRADO	5.88	2.900	16.9940	63.61

C 31-200	PRODUCTO - 200	100.00	0.338	35.3514	100.00
M 34-200	CONCENTRADO	8.00	2.341	18.7280	58.61
M 34-200	LAMAS MESA	23.83	0.230	5.4801	17.15
M 34-200	COLAS MESA	58.51	0.100	5.8514	18.31
SM33-200	MAGNETICOS	0.82	0.150	0.1233	0.39
M 32-200	CONC. SULFUROS	8.84	0.200	1.7688	5.54
			0.320	31.9518	

C 31-200	PRODUCTO - 200	100.00	0.338	35.3514	100.00
FS 32-200	COLAS SULFUROS	91.18	0.351	33.4643	94.66
SM33-200	NO MAGNETICO	90.33	0.353	33.3514	94.34
M 34-200	CONCENTRADO	7.99	2.341	19.5708	55.38

SC 35	CONCENTRADO	7.18	2.427	51.830	65.23
-------	-------------	------	-------	--------	-------

CUADRO No. 10

BALANCES METALURGICOS Y PROGRESION EN LOS PRODUCTOS CLASIFICADOS DE LA PRUEBA No. 3

OBSERVACIONES

1.- Se corroboró que el efecto concentrador de la mesa Wilfley aumentó al alimentar productos de granulometría homogénea, presentando una mayor eficiencia en los productos más gruesos.

2.- Las mayores pérdidas metalúrgicas quedaron comprendidas en las colas y lamas de mesa, principalmente en el producto a -200 mallas.

3.- Mediante sólo dos pasos en mesa se logró un concentrado gravimétrico de ley mucho más elevada y presentando menores pérdidas que en las pruebas anteriores.

4.- Se observaron altos valores en la recuperación de Granates y Magnetita por separación magnética en seco.

PRUEBA 4

Objetivo: El objetivo de ésta prueba fué apreciar el comportamiento de mineral de Scheelita sometido a concentración por flotación directa, buscando separar previamente los Sulfuros de Cobre y fierro por flotación, eliminando la Magnetita en baja intensidad.

Muestra: La muestra mineral corresponde a la fracción restante (120 Kg. originales de la muestra utilizada en la prueba 3) y representa una muestra artificial de colas de flotación de " La Mojarra" a la cual se han flotado los Sulfuros de Cobre según condiciones de planta y separado la Magnetita en campo de 800 Gauss, eliminándole Piritas por flotación. Esta muestra registró un peso de 108 Kg., se le checó ley en cabeza resultando 0.274 % de WO_3 , presentando una granulometría de -65 mallas.

Desarrollo: Como se explicó en líneas anteriores a la muestra de mineral de la Mina "La Mojarra" se le efectuó primeramente flotación de Sulfuros de Cobre, bajo condiciones similares a las de la planta, eliminandose la Magnetita en húmedo y a baja intensidad mediante núcleo magnético de laboratorio a 800 Gauss. Posteriormente se efectuó una flotación de Piritas, con la muestra resultante se efectuaron pruebas preliminares tendientes a recuperar la Scheelita de éstas colas combinandose concentración gravimétrica, remoliendas y separación magnética con flotación, optandose por la flotación directa siendo ésta última la más relevante quedando comprendida en el diagrama 4.

Equipo Utilizado y Condiciones: El equipo utilizado para la --flotación de Cobre y para la separación magnética y flotación de Piritas queda --descrito en la prueba anterior. Las condiciones para las flotaciones son las siguientes: pH natural 7.0; dilución 3:1.

Reactivos	gr/ ton.	Tiempo de Ac.	Tiempo de Flot.	Producto
X. Amílico de K.	10	3'	5'	Conc. de Cu
Hercomín A-O ₃	30			
X. Amílico de K.	3 x 15	1' + 1' + 1'	3' + 3' + 3'	Conc. Piritas
Hercomín A-O ₃	3 x 30			

Para la flotación directa de Scheelita se empleó una celda de flotación Galingher ya descrita en la prueba 1. Las condiciones de operación fueron las siguientes: pH 10.5

Reactivos	gr/ ton.	Tiempo de Ac.	Tiempo de Flot.
Carbonato de Sodio	200		
1º y 2º paso:			
Sulfato de Aluminio	2 x 50	3' + 3'	2' + 2'
Flotapol	2 x 300		
Diesel	2 x 100		
Quipironate 30	2 x 100		
3º y 4º paso:			
Sulfato de Aluminio	2 x 50	3' + 3'	2' + 1 1/2'
Flotapol	2 x 250		
Diesel	2 x 66		
Quipironate 30	2 x 66		
Aceite de Pino	2 x 30		
1a. Limpia			
Silicato de Sodio	300	1'	4'
2a. Limpia			
	Sin reactivos		2'
3a. Limpia			
	Sin reactivos		1 1/2'

CABEZA 4	
2 000	0.274

FLOTACION SULFUROS

COLAS SULFUROS	
1852	0.280

CONC. SULFUROS	
148	0.120

SEPARACION MAGNETICA EN HUMEDO A B.I. 800 GAUSS

NO MAGNETICOS	
1820	0.284

MAGNETICOS	
32	0.050

FLOTACION PIRITAS

COLAS PIRITAS	
1731	0.297

CONC. PIRITAS	
89.0	0.042

FLOTACION SCHEELITA

CONC. SCHEELITA	
527	0.924

COLAS SCHEELITA	
1204	0.020

PRIMERA LIMPIA

PRIMER CONCENTRADO	
120.4	3.820

PRIMEROS MEDIOS	
406.6	0.068

SEGUNDA LIMPIA

SEGUNDO CONCENTRADO	
47.6	9.320

SEGUNDOS MEDIOS	
72.8	0.227

TERCERA LIMPIA

TERCER CONCENTRADO	
33.4	12.920

TERCEROS MEDIOS	
14.2	0.840

DIAGRAMA No. 4

PRUEBA No.4 FLOTACION DIRECTA SCHEELITA.

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	WO ₂ (%)	CONTENIDO	RECUP. %
4	CABEZA	100.00	0.274	-----	100.00
FL 47	TERCER CONC.	1.67	12.920	21.8764	78.70
FL 47	3os. MEDIOS	0.71	0.840	0.5964	2.18
FL 46	2os. MEDIOS	3.64	0.227	0.8263	3.01
FL 45	1os. MEDIOS	20.33	0.066	1.3618	4.89
FSCH 44	COLAS F. CoWO ₂	60.20	0.020	1.2040	4.38
FP 43	CONC. PIRITAS	4.45	0.042	0.1869	0.88
SM 42	MAGNETICOS	1.60	0.500	0.8000	2.92
FS 41	CONC. SULFUROS	7.40	0.120	0.8880	3.24
			0.274	27.4198	

PL LIMPIA FLOTACION
 FP FLOTACION PIRITAS
 FSCH FLOTACION SCHEELITA

CUADRO No. 11
BALANCE METALURGICO GENERAL DE LA PRUEBA No. 4

4	CABEZA	100.00	0.274	5.4800	100.00
FS 41	COLAS SULFUROS	92.60	0.280	5.1856	94.63
SM 42	NO MAGNETICO	91.00	0.284	5.1688	94.32
FP 43	COLAS PIRITAS	86.55	0.297	5.1410	93.81
FSCH 44	CONC. SCHEELITA	26.38	0.924	4.6680	88.83
FL 45	PRIMER CONC.	6.02	3.820	4.8990	83.02
FL 46	SEGUNDO CONC.	2.38	9.320	4.4363	80.97
FL 47	TERCER CONC.	1.67	12.920	4.3153	78.70

CUADRO No. 12
PROGRESION EN LAS OPERACIONES DE LA PRUEBA No. 4

PRODUCTO	REL.	PESO (gr)	PESO (%)	R:C	WO ₂ (%)	CONTENIDO	DST (%)
PASO 1 FLOTACION SULFUROS							
CABEZA	4	2000	-----	-----	0.274	5.480	100.00
CONC. SULFUROS	FS 41	148	7.40	13.50	0.120	0.688	3.31
COLAS SULFUROS	FS 41	1852	92.50	1.08	0.280	25.928	96.69
LEY CALC.					0.268	28.818	
LEY					2.20		
PASO 2 SEPARACION MAGNETICA S.T. 800 GAUSS							
COLAS SULFUROS	FS 41	1852	-----	-----	0.280	5.1556	100.00
MAGNETICOS	SM 42	32	1.73	57.80	0.050	0.0885	0.31
NO MAGNETICO	SM 42	1820	98.27	1.02	0.284	27.9086	99.69
LEY CALC.					0.280	27.9951	
LEY					1.43		
PASO 3 FLOTACION DE PINITAS							
NO MAGNETICO	SM 42	1820	-----	-----	0.284	5.1688	100.00
CONC. PINITAS	FP 43	89	4.90	20.40	0.042	0.2098	0.72
COLAS PINITAS	FP 43	1731	95.10	1.05	0.297	28.2476	99.28
LEY CALC.					0.284	28.4534	
LEY					4.58		
PASO 4 FLOTACION SCHEELITA							
COLAS PINITAS	FP 43	1731	-----	-----	0.297	5.1410	100.00
COLAS SCHEELITA	FSCH 44	1204	59.55	1.44	0.020	1.3911	4.71
CONC. SCHEELITA	FSCH 44	527	30.45	3.29	0.924	29.1359	99.29
LEY CALC.					0.298	29.5269	
LEY					2.11		
PASO 5 PRIMERA LIMPIA							
CONC. SCHEELITA	FL 44	527.0	-----	-----	0.924	4.8680	100.00
1er. MEDIOS	FL 45	406.6	77.15	1.30	0.086	5.0919	3.91
2er. CONC.	FL 45	120.4	22.85	4.38	3.822	67.2870	94.49
LEY CALC.					0.924	92.3789	
LEY					313.64		
PASO 6 SEGUNDA LIMPIA							
1er. CONC.	FL 45	120.4	-----	-----	3.822	4.8990	100.00
2er. MEDIOS	FL 46	72.8	60.47	1.65	0.227	13.7300	3.60
3er. CONC.	FL 46	47.6	39.53	2.53	9.320	369.4700	96.40
LEY CALC.					39.220	392.2000	
LEY					143.0		
PASO 7 TERCERA LIMPIA							
3er. CONC.	FL 46	47.6	-----	-----	9.320	4.4368	100.00
2er. MEDIOS	FL 47	14.2	29.83	3.35	0.840	25.0572	2.7
1er. CONC.	FL 47	33.4	70.17	1.43	12.920	906.8964	97.3
LEY CALC.					9.320	931.6936	
LEY					38.63		
CONCENTRADO	FL 47	33.4	1.67	59.88	12.920	4.3153	78.70
					4815.33		

CUADRO No. 3
BALANCES METALURGICOS PARCIALES DE LA PRUEBA No. 4

OBSERVACIONES:

1.- En la flotación de Sulfuros se observó un ligero arrastre de Scheelita fina

2.- La separación magnética y flotación de Piritas - no presentaron pérdidas de valores de Scheelita

3.- Se observó buena activación de la Scheelita, -- siendo ésta de forma inmediata y presentando selectividad, la espuma formada pierde su consistencia al decrecer la activación de la Scheelita.

CONSIDERACIONES GENERALES

1.- En el ámbito minero son pocas las plantas que cuentan con el equipo necesario para realizar un trabajo de investigación, en este caso también hubo carencias, por lo que se tuvo que adaptar e improvisar el equipo para realizar las primeras pruebas metalúrgicas. Mediante otro laboratorio se logró realizar la caracterización del mineral y culminar la experimentación metalúrgica mediante equipo más apropiado.

2.- Fué necesario trabajar con diferentes concentraciones de WO_3 en las cabezas de prueba, para visualizar mejor la respuesta del mineral a las distintas operaciones.

3.- Cabe aclarar que las pruebas realizadas en este trabajo fueron en circuito abierto y no hubo recirculación de productos intermedios lo que mejoraría la recuperación.

4.- Por otra parte se enfatiza que las series de pruebas que se reportan fueron las más objetivas, la progresión que presentan en cada caso fué determinada mediante tentativas y preliminares que no se reportaron para evitar redundancias.

CONCLUSIONES GENERALES

1.- Debido a la friabilidad de la Scheelita, el control de la molienda, es el factor primordial para su recuperación, pues la producción - desmedida de finos provoca fuertes pérdidas en las lamas.

2.- No es factible la recuperación de Scheelita a partir - de las colas generales de ésta planta, debido a la falta de control sobre las - constantes de operación en la flotación de Cobre siendo las principales causas:

a) Producción elevada de finos en la molienda

b) Excesos de reactivos

b₁) Cal: En éste caso se deprimen las Piritas dificultando su ac tivación posterior

b₂) Xantatos: Al rebasar los valores críticos en su dosificación se provoca la depresión de los Sulfuros, los cuales se activan en etapas posteriores, bajando la ley en concentrados de Schee lita.

b₃) Espumantes: Favorecen el arrastre mecánico de la Scheelita, - reduciendo la cantidad recuperable de ésta.

3.- Para la concentración gravimétrica es favorable alimen tar partículas de granulometría homogénea, eliminando así el efecto clasificador de la mesa Wilfley, según se apreció en la prueba 3.

4.- Comparativamente a la gravimetría la flotación indirec ta de Scheelita dió mejores resultados según se contempla en la prueba 4. Debido a su comportamiento similar al de un no metálico, presentando buena selectividad a los reactivos utilizados.

5.- De lo anteriormente expuesto y basándonos en los cuadros comparativos (14 y 15) de los resultados obtenidos en las operaciones involucra das en éstas pruebas, se puede asumir que es conveniente procesar el mineral de - Tungsteno mediante campanas, evitando así la dilución de la Scheelita y eliminan do las mezclas con otros minerales que presenten interferencias para su recupera ción, aumentando la posibilidad de una operación controlada.

6.- Para el análisis y control de estas pruebas, se obtuvie ron resultados más congruentes aplicando el método gravimétrico de precipitación con Cinconina para analizar contenidos altos en WO_3 , y la técnica colorimétrica del Tiosulfato de Sodio para contenidos bajos.

Por otra parte se hizo necesario desarrollar métodos de muestreo más depurados, tanto en la toma como en la reducción de las muestras.

Es de gran ayuda y se debe de aprovechar para su control la propiedad de fluorescencia que presenta la Scheelita a la luz ultravioleta.

RELACION	PRODUCTO	PESO (%)	WO ₃ (%)	CONTENIDO	REPERCUCION
1	CABEZA	100.00	0.0078	7.8000	100.00
M 17	CONC. MESA	26.82	0.0167	4.4789	57.68
SM 12	NO MAGNETICO	25.62	0.0172	4.4066	56.73
FP 13	COLAS PIRITAS	11.73	0.0354	4.1524	53.48
M 14	CONC. MESA	3.41	0.1170	3.9847	51.38
M 15	CONC. MESA	1.11	0.3200	3.5610	45.87
FP 16	COLAS PIRITAS	9.40	0.3730	3.5062	45.13
SM 17	CONCENTRADO	0.07	4.2700	2.9890	38.49

2	CABEZA	100.00	0.245	83.197	100.00
M 21	CONC. MESA	29.37	0.720	71.820	86.33
FS 22	COLAS PIRITAS	22.20	0.950	71.630	86.10
M 23	CONC. MESA	4.64	2.460	38.794	46.63
M 24	CONC. MESA	1.95	4.570	30.229	36.41
SM 25	NO MAGNETICO	1.78	4.967	30.150	36.23
SM 26	NO MAGNETICO	0.197	43.540	29.172	35.06
TP 27	CALCINADO	0.162	53.040	29.172	35.06
SM 28	CONCENTRADO	0.133	62.700	29.214	33.91

3	CABEZA	100.00	0.2675	79.60	100.00
FS 32	COLAS SULFUROS	32.40	0.2787	76.08	95.57
SM 33	NO MAGNETICO	91.54	0.2785	75.86	95.50
M 34	CONC. MESA	7.18	2.4270	51.84	65.12
M 36	CONC. MESA	1.44	11.200	47.94	60.22
FP 37	COLAS PIRITAS	1.21	13.350	47.93	60.21
SM 38	NO MAGNETICO	1.15	14.000	48.02	60.32
SM 39	CONCENTRADO	0.32	49.490	47.51	59.68

CUADRO No. 14

COMPARACION DE LA PRUEBA No.3 EN LA CUAL SE CLASIFICARON PRODUCTOS A(65+100); (100+200); (-200)

RELACION	MOLIENDA #	PESO (%)	R:C	L E Y (W ₃ %)			V A L O R E S (%)		
				INICIAL	FINAL	INCREMENTO	RECUPERADO	CIRCULANTE	PERDIDAS

CONCENTRACION GRAVIMETRICA (MESA WILFLEY)

M 11	-48	26.82	3.73	0.008	0.0167	108.75	56.64	22.86	20.74
M 14	-48	29.07	3.49	0.0354	0.1170	230.51	96.00	3.69	0.31
M 15	-48	32.64	3.06	0.117	0.320	173.50	93.94	5.80	0.26
M 21	-100	21.37	3.40	0.245	0.720	193.88	81.71	13.51	4.78
M 23	-100	20.92	4.78	0.950	2.460	158.95	57.56	41.24	1.20
M 24	-100	42.04	2.38	2.460	4.570	85.77	78.65	21.35	-----
M 34	-65 + 100	8.24	12.10	0.200	2.138	939.00	87.86	2.20	9.94
M 34	-100 + 200	6.42	15.57	0.276	2.900	950.72	67.42	14.67	17.91
M 34	-200	4.50	22.22	0.353	2.341	650.70	35.88	26.38	37.74
M 36	-65	20.03	4.99	2.427	11.200	361.48	89.96	10.04	-----

FLOTACION

FP 13	-48	45.78	2.18	0.0172	0.0354	105.81	83.73	-----	8.305
FP 16	-48	84.46	1.18	0.320	0.373	16.56	98.59	-----	1.460
FP 37	-65	83.88	1.20	11.200	13.350	19.20	99.85	-----	0.130
FP 43	-65	95.10	1.05	0.284	0.297	4.58	95.29	-----	4.71
FS 22	-100	75.59	1.32	0.720	0.950	31.94	99.703	-----	0.297
FS 32	-65 + 100	94.04	1.06	0.190	0.198	4.21	97.81	-----	2.190
FS 32	-100 + 200	92.17	1.08	0.268	0.275	2.61	94.73	-----	5.270
FS 32	-200	91.16	1.09	0.338	0.351	3.85	94.76	-----	3.240
FS 41	-65	92.60	1.08	0.274	0.280	2.20	96.69	-----	3.310
FSCH 44	-65	1.93	51.80	0.297	12.92	4250.00	84.48	10.81	4.71

SEPARACION MAGNETICA ALTA INTENSIDAD EN SECO 8000 GAUSS

SM 17	-48	7.45	13.42	0.373	4.270	1044.27	85.13	14.87	-----
SM 26	-100	11.04	9.06	4.967	43.540	776.59	96.60	3.40	-----
SM 28	-100	81.82	1.22	53.040	62.700	18.21	97.09	2.91	-----
SM 39	-65	27.29	3.57	14.000	49.490	253.50	99.43	0.57	-----

SEPARACION MAGNETICA BAJA INTENSIDAD EN HUMEDO 800 GAUSS

SM 12	-48	95.93	1.05	0.0167	0.0172	2.99	98.39	-----	1.61
SM 25	-100	91.55	1.10	4.570	4.967	8.69	99.67	-----	0.33
SM 33	-65	98.78	1.00	0.198	0.200	1.01	99.69	-----	0.31
SM 42	-65	98.27	1.02	0.280	0.284	1.43	99.69	-----	0.31

SEPARACION MAGNETICA BAJA INTENSIDAD EN SECO 1000 GAUSS

SM 38	-65	95.54	1.05	13.350	14.000	4.860	99.95	-----	0.05
-------	-----	-------	------	--------	--------	-------	-------	-------	------

TOSTACION PIRITAS 700 - 750° C.

TP 27	-100	82.09	1.22	43.54	53.04	21.82	100.00	-----	-----
-------	------	-------	------	-------	-------	-------	--------	-------	-------

CUADRO No. 15.

RESUMEN GENERAL DE LAS OPERACIONES INCLUIDAS EN LAS CUATRO PRUEBAS REPORTADAS.

A P E N D I C E

Bibliografía Consultada

ALAN M. BATEMAN

"Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico"
Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España 2a. Edición 1957

EDUARD S. DANA

"Dana's Textbook of Mineralogy"
John Wiley and Sons Nueva York 4a. Edición 1932

E. MAPEZ VAZQUEZ, S. ZAMORA MONTERO Y J. GERONIMO GODOY

"Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de Concepción del Oro y
Avalos, Zacatecas"
Consejo de Recursos Naturales no Renovables
Departamento de Exploraciones zona sur México 1964

LOPEZ Y ROMERO INGENIEROS DE MINAS, S.C.

"Estudio Técnico Económico sobre la unidad Minero Metalurgica que opera
la Compañía Minera Macocozac, S.A."
López y Romero Ingenieros de Minas, S.C. México, D.F. 1976

ARTHUR F. TAGGART

"Elementos de Preparación de Minerales"
Ediciones Interciencia Madrid, España 3a. Edición 1966

PHILIP RABONE

"Concentración de Minerales por Flotación"
Comisión de Fomento Minero México, D.F. 4a. Edición 1975

INDUSTRIAS QUIMICAS DE MEXICO

"Reactivos para la Concentración de Minerales en la fase de Flotación"
Industrias Químicas de México México, D.F. 1a. Edición

COMISION DE FOMENTO MINERO

"Primer Simposium Metalurgico de Tecamachalco"
Comisión de Fomento Minero México, D.F. 1976

ASOCIACION DE INGENIEROS DE MINAS METALURGISTAS Y GEOLOGOS DE MEXICO

"Primer Seminario de Preparación de Minerales"
Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México
Guanajuato, México 1978

INDUSTRIAL MINERA MEXICO, S.A.

"Manual de Métodos de Análisis"
Industrial Minera México, S.A.

México

SCHULZE. SCHREIBER HERRMAN

"Nuevo Método para el Análisis Rápido del Tungsteno en Minerales,
Concentrados y Productos de Tungsteno"
Tesis Profesional U.N.A.M.

México 1978

Referencias Bibliograficas (Estudios Previos)

- Villarello J.D., 1906, Le Mineral de Aranzazú; Internat Geol. Cong. México
10 Th Sess. Wide des Excursions, Nº. 25.
- Triplett W. H., 1951, Geology of the Silver-Lead-Zinc Deposits of the Avalos
Providencia- Distrito in nort Heaster México; Informe privado de la Compañía
Peñoles, S.A.
- 1952, Geology of the Silver-Lead-Zinc Deposit of the Avalos Providencia
Distrito of México: Min. Eng. v. 4.
- 1956, The Mazapil Company Mines, Aranzazú and Concepción del Oro Zac.;
Guía excursión C-3 XX Congreso Geol. Internacional.
- 1956. The Avalos-Concepción del Oro Mining Distrito guide to an excursion
of the 20 th. Int. Geol. México.
- Tavera E. A. y Elvir R. A., 1957, Estudio geológico y económico preliminar
sobre la mina de San Marcos, municipio de Mazapil Zacatecas: Inst. Nac. pa-
ra la investigación de Rec. Min.; Inédito.
- Bergeat Alfred, 1919 La granodiorita de Concepción del Oro en el estado de
Zacatecas y sus formaciones de contacto. Ins. Geol. Mex. Bol. 27
- 1911 Cupriferous Contact deposits of Concepción del Oro, Zacatecas - -
Min. Jour. v. 93.
- Burckhardt Carlos 1906 La fauna jurassique de Mazapil avec un appendice sur
les fossiles du Cretacique Inferieur; Inst. Gol. Mex. Bol. 23 2v.

----1906 Géologie de la Sierra de Concepción del Oro; X Congreso geológico internacional, Guía Exc. Núm. 26 México

----Geología de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa; X Congreso geológico internacional, Guía Exc. Núm. 26 México

----1907, Sobre las rocas Fosfóricas de la sierra de Mazapil y Concepción del Oro Zacatecas; Inst. Geol. de México, Parergones.

Buseck P.R. 1961 Contact metasomatic deposits of Concepción del Oro, Zac. México. Tem Pitute Nevada; Silver Bell, Arizana; Tesis profesional para obtener el grado de Doctor en filosofía en la Facultad de Ciencia Pura de la Universidad de Columbia. E.U.A. inédita.

Castañedo José; 1927 los distritos cupríferos de Mazapil y Concepción del Oro; Bol. Min. v. 24

Chase Torington 1929 Concepción del Oro Distrito México; Min. v. 31.

Edwards J.L.; 1954 Geology of the La Caja Anticline, Avalos Zacatecas; Informe privado inedito de la Cía Peñoles, S.A.

Ibarra Jesus; 1930, Informe general de la región minera comprendida en las municipalidades de Mazapil, Concepción del Oro y San Pedro de Ocampo del - Estado de Zacatecas; Bol Min. v. 29.

Krieger Philip, 1940 Bornite-Klaprotholite relations at Concepción del Oro México; Econ. Geol. v. 35.

Rogers C. L., De Cserna Z., Tavera E.A., y Ulloa S. Geología General y depósitos de Fosfatos, del distrito de Concepción del Oro, Estado de Zacatecas.; Inst. Nal. para la Inv. de Rec. Min. Bol. 38

Saekins F. J., 1964 Lead-Zinc ore depositions in the light of fluid inclusion studies.; Providencia Mine, Zacatecas, México.: Econ. Geol v. 59.

Snively Norman. 1954, Areview of the geology and ore deposits of the Avalos district; Cía Peñoles. Informe privado e inédito

----Siendo los más completos; Burckhardt, Villareello, Bwrgat, Inlay - - Edwards, Rogers et al, siendo los mejores informes mineros los de Barry, Triplett y Snively.

Relación Aplicada en Balances y Progresiones:

R e l a c i ó n

Operación	Prueba Nº.	Paso Nº.
"	"	"
"	"	"
"	"	"

Iniciales

Significado

C	Clasificación (mediante mallas)
F	Flotación (celda Flotación)
M	Concentración Gravimétrica (Mesa Wilfley)
F L	Flotación limpia por
F P	Flotación de Piritas
F S	Flotación de Sulfuros
F SCH	Flotación de Scheelita
S M	Separación Magnética
S C	Suma de Concentrados (no es operación metalúrgica)
T P	Tostación de Pirita