

24. 9



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

**ESTUDIO A NIVEL LABORATORIO DE
UN MINERAL DE HIERRO PARA LA
OBTENCION DE UN CONCENTRADO**

T E S I S

JOSE RAUL ISAAK VALENZUELA

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

1986



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 está 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.

INDICE

I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	1
II.- CARACTERIZACION MINERALOGICA.....	4
II.1.- ESTUDIO DE MICROSCOPIA OPTICA.....	4
II.1.1.- DESCRIPCION MEGASCOPIA.....	4
II.1.2.- DESCRIPCION MICROSCOPICA.....	5
II.2.- ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO.....	5
II.3.- RECONSTRUCCION MINERALOGICA.....	6
II.4.- ANALISIS GRANULOMETRICO.....	7
II.5.- DENSIDAD DEL MINERAL.....	8
III.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	11
III.1.- MOLIENDA.....	15
III.2.- SEPARACION MAGNETICA.....	20
III.3.- FLOTACION.....	28
III.4.- REACTIVOS UTILIZADOS.....	34
III.5.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	37
IV.- CONCLUSIONES.....	72
V.- BIBLIOGRAFIA.....	76

CAPITULO I

INTRODUCCION

Y

OBJETIVO

El procesamiento de minerales a nivel mundial, se está enfrentando al problema de obtener concentrados comerciales a partir de menas cada vez más pobres.

Esta situación se presenta debido al agotamiento de los yacimientos minerales de alta ley sean óxidos o sulfuros, lo que ha obligado al mejoramiento de los actuales procesos de beneficio y al desarrollo de algunos nuevos, que aprovechen al máximo posible los recursos minerales de cada nación.

En el renglón de los minerales de hierro, México no cuenta con los grandes recursos de otros países, una investigación del Consejo de Recursos Minerales realizada en el año de 1977, estimó que las reservas nacionales eran aproximadamente de 550 millones de toneladas (con una ley media de Fe de 53.5%), esto es entre reservas positivas y probables; basándose en la

capacidad instalada de las principales plantas de beneficio (aproximadamente 15 millones de toneladas/año), el autor calcula que las reservas garantizan el suministro de mineral de hierro para unos 25 o 30 años.

Adicionalmente, se dispone de minerales de hierro de baja ley, producidos por las operaciones de explotación minera a tajo abierto, al extraer los minerales de alta ley.

La acumulación durante años de estos minerales ha dado origen a lo que se conoce como terreros; sus leyes, aunque marginales, y el gran volumen de los mismos, dan idea de la cantidad de hierro presente en dichos terreros, constituyendo esto, un motivo más que suficiente para intentar su recuperación.

El presente trabajo tiene como objetivo la obtención de un concentrado siderúrgico comercial a partir de un mineral de terrero, tomando como base las leyes de concentrados de Fe producidos en el país, este debe reunir las siguientes especificaciones:

64.00%	mínimo de Fe.
0.15%	máximo de P.
0.10%	máximo de S.
10.00%	máximo de insoluble.

CAPITULO II

CARACTERIZACION

MINERALOGICA

El estudio de caracterización mineralógica efectuado a una muestra de mineral, permite obtener un conocimiento rápido y útil acerca de las propiedades de la muestra tales como: presentación y aspecto físico de la muestra, composición, especies minerales presentes, distribución de tamaños y densidad. El siguiente es el estudio de caracterización realizado a la muestra de mineral de terrero.

II.1.- ESTUDIO DE MICROSCOPIA OPTICA

II.1.1. DESCRIPCION MEGASCOPICA:

A simple vista se puede apreciar que la muestra de mineral

está constituida de fragmentos de roca color negro a gris acerado con partes blancas y amarillas, cubiertas parcialmente por minerales arcillosos de color rojizo.

II.1.2. - DESCRIPCION MICROSCOPICA:

La observación al microscopio revela que los fragmentos de roca color negro son cristales de magnetita y de hematita; los blancos, cristales de cuarzo y los de color amarillo son cristales de apatita; los cuales se encuentran formando agregados cementados por cuarzo, calcita y minerales arcillosos. Parte de la apatita se encuentra ocluida dentro de cristales de hematita.

II.2. - ANALISIS QUIMICO

Los elementos de interés para el objetivo del estudio, se analizaron cuantitativamente y los resultados se muestran a continuación:

ELEMENTO	LEY (%)
Fe	50.14
P	1.10
S	indicios
SiO ₂	14.20
Al ₂ O ₃	5.37
CaO	2.75
MgO	0.41
Na	1.13
K	0.88

II.3. - RECONSTRUCCION MINERALOGICA

En base a las observaciones megascópicas y microscópicas realizadas y al análisis químico reportado, las especies

minerales presentes en la muestra, así como sus porcentajes estimados de ocurrencia, se muestran en el siguiente cuadro:

ESPECIE MINERAL	% DE OCURRENCIA
Hematita y/o Goethita	58.4
Magnetita	10.2
Cuarzo	7.9
Apalita	6.0
Calcita	1.5
Minerales arcillosos	13.6
Feldespatos	0.6

II.4. - ANALISIS GRANULOMETRICO

La granulometría de la cabeza, así como las leyes y la distribución metalúrgica de Fe, P y sílice en cada fracción, se muestran en el cuadro no. 1.

La figura número 1 muestra la gráfica del % acumulado negativo vs. abertura de la malla (en micrómetros), a partir de la cual se determina el tamaño de partícula al 80% y que es de 2,750 micrómetros (aproximadamente -6 mallas).

La observación al microscopio de los productos del análisis granulométrico, revela que el mineral se encuentra liberado en la fracción -100 +150 mallas (-149+106 micrometros).

II.5. - DENSIDAD DEL MINERAL

La determinación de la densidad de la muestra se realizó utilizando el método del picnómetro con alcohol y mineral molido a -65 mallas, obteniéndose un valor de 3.95 g/cc.

La información obtenida en este capítulo, proporciona una orientación sobre los posibles métodos de beneficio que pueden emplearse para la concentración de la muestra, esto se discute en el siguiente capítulo.

PRODUCTO	ABERTURA	PESO	S	L E Y E S (S)			DISTRIBUCION (S)		
(MALLAS)	(MICROMETROS)	(S)	ACUM.	Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
-3/8" + 1/4"	-9500 +6300	2.1	100.0	53.80	0.60	11.00	2.3	2.2	1.5
-1/4" + 4	-6300 +4760	4.6	57.9	54.50	0.40	12.50	3.0	3.2	3.0
- 4 + 6	-4760 +2380	17.0	93.9	53.20	0.30	12.70	10.2	9.0	14.4
- 8 + 14	-2380 +1180	16.5	76.3	51.90	0.40	14.40	17.5	11.9	16.3
- 14 + 28	-1180 + 600	15.4	59.4	50.60	0.40	14.80	15.6	10.8	15.2
- 28 + 35	- 600 + 420	6.9	44.0	51.00	0.60	15.50	7.0	7.3	7.1
- 35 + 48	- 420 + 300	6.3	37.1	51.40	0.40	14.30	6.5	4.4	6.0
- 48 + 65	- 300 + 210	7.1	30.8	50.80	0.80	13.60	7.2	10.0	6.5
- 65 +100	- 210 + 150	4.2	23.7	51.60	0.80	12.80	4.3	5.9	3.6
-100 +150	- 150 + 105	3.5	19.5	51.40	0.60	13.20	3.6	3.7	3.1
-150 +200	- 105 + 75	2.9	16.0	51.10	1.20	12.70	2.0	4.2	1.7
-200 +270	- 75 + 53	3.8	14.0	50.70	1.60	13.10	3.9	10.7	3.3
-270 +325	- 53 + 45	1.3	10.2	47.50	1.80	15.00	1.2	4.1	1.3
-325	- 45	6.9	6.9	32.50	0.80	27.10	5.8	12.6	16.2
		100.0					100.0	100.0	100.0
L E Y C A L C U L A D A				50.06	0.57	15.60			

CUADRO No. 1
GRANULOMETRIA Y DISTRIBUCION
METALURGICA DE LA CABEZA.

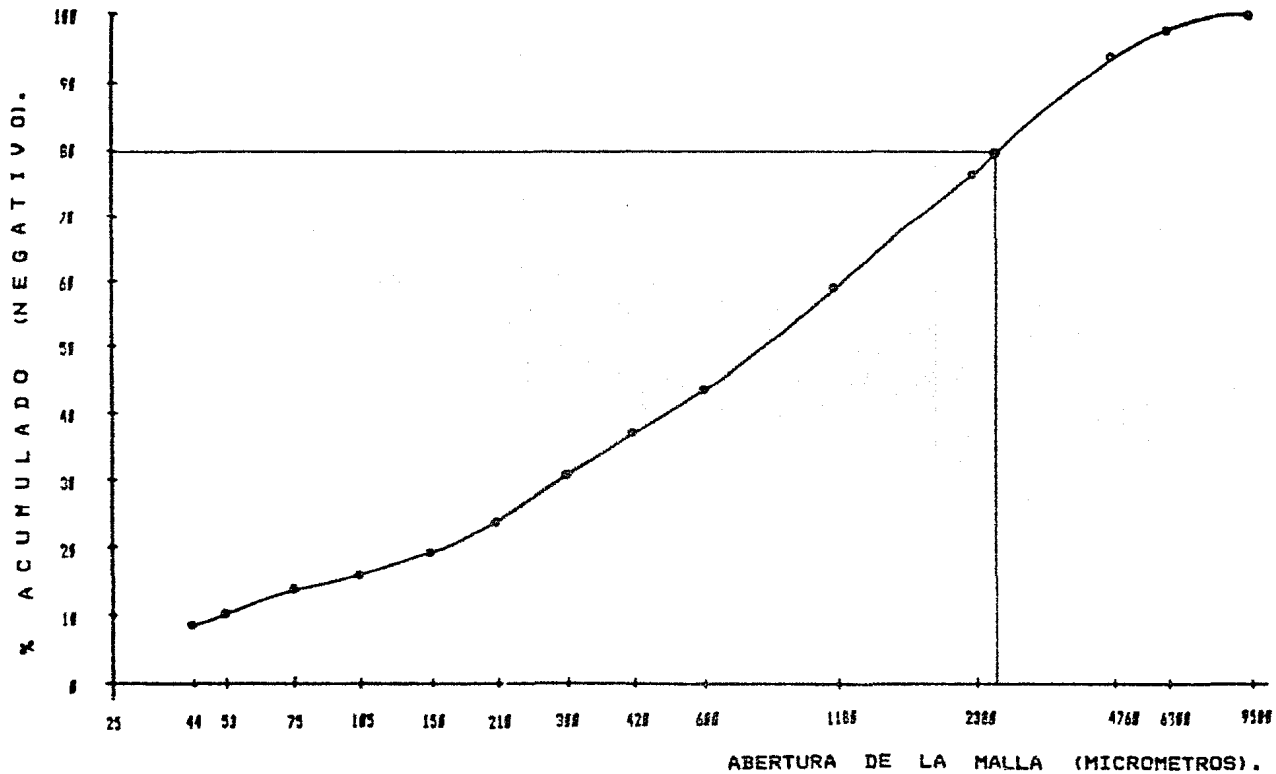


FIG. No. 1.-

ANALISIS GRANULOMETRICO DE CABEZA.

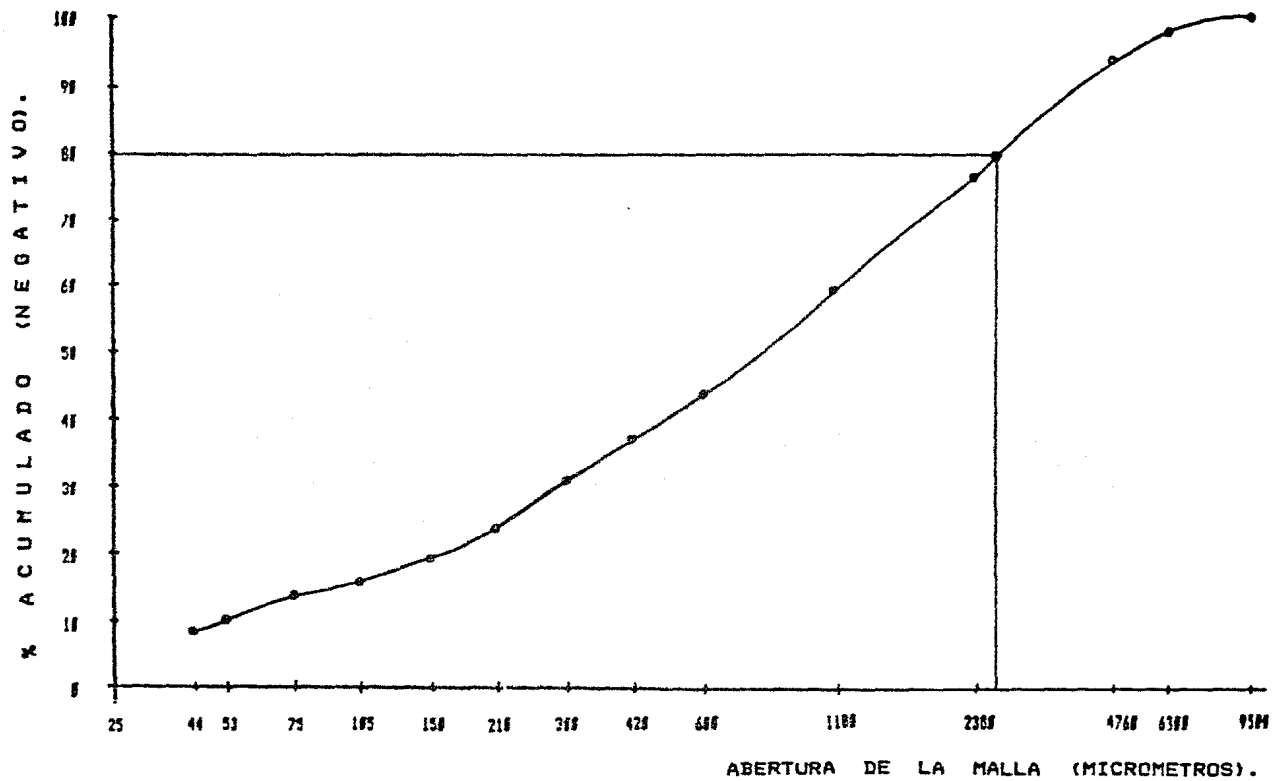


FIG. No. 1.-

ANALISIS GRANULOMETRICO DE CABEZA.

CAPITULO III

DESARROLLO

EXPERIMENTAL

Varios métodos de beneficio, se han aplicado a los minerales de Fe para su concentración, los más utilizados van desde la simple trituración y cribado para los minerales en trozo de alta ley, hasta los que necesitan molienda fina para la liberación total de especies para concentrarlos por flotación, pasando por la separación en medio denso, concentración gravimétrica en espirales, pulsadoras y mesas concentradoras y la separación magnética seca y húmeda para minerales con tamaños menores a 5 cm (2 pulgadas).

La utilización de uno o la combinación de varios de estos métodos, depende de muchos factores; para este estudio los factores de interés son: mineralogía de la muestra, ley de Fe en cabeza, cantidad y tipo de las impurezas presentes, granulometría original y tamaño de liberación.

Como se determinó en el capítulo II, este mineral requiere de molienda fina para tener liberada la hematita de la apatita, de acuerdo con lo expuesto al principio de este capítulo, en esta tesis se emplearon los métodos de separación magnética en húmedo a baja intensidad y flotación, el desarrollo de la misma se realizó de acuerdo a las siguientes etapas:

MOLIENDA.

Determinación del tiempo de molienda para lograr la liberación de los minerales de hierro de los de ganga, específicamente de los de apatita.

SEPARACION MAGNETICA.

Recuperación de los minerales ferromagnéticos presentes en la muestra, utilizando un separador magnético en húmedo de tambor de baja intensidad.

FLOTACION.

Realización de una serie de pruebas de flotación en las que se intenta obtener concentrados de impurezas, es decir, de apatita y de cuarzo, y/o un concentrado de fierro.

Estas pruebas de flotación se aplicaron tanto a las colas de la separación magnética (material no magnético), como al mineral sin separación magnética previa.

En esta etapa se usó como colector una amina grasa alifática de 18 carbonos soluble en agua (flotación catiónica) para flotar cuarzo, y colectores del tipo ácido carboxílico (ácido graso de 18 carbonos) para flotar apatita y fierro, y otro del tipo sulfonato de petróleo soluble en agua para flotar fierro (flotación aniónica).

Tomando en cuenta el análisis químico de la cabeza y las especificaciones indicadas en la introducción, los elementos de control para los fines del estudio serán Fe, P y SiO₂, ya que la muestra no contiene azufre.

Todas las gráficas y los cuadros en donde se reportan las granulometrías, balances metalúrgicos y las condiciones de operación de cada una de las pruebas realizadas, se muestran en el punto III.5 de resultados experimentales localizado al final de este capítulo.

III.1. - MOLIENDA.

El mineral se trituró 100% a -14 mallas (-1180 micrómetros) para ser utilizado en las pruebas a realizar durante el estudio.

El análisis granulométrico de este material, así como las leyes y la distribución de Fe, P y SiO₂ en cada fracción, se muestran en el cuadro número 2.

El tamaño al 80% acumulado negativo es de 770 micrómetros (aproximadamente a -20 mallas) y se determinó de la gráfica de % acumulado negativo vs. abertura de la malla (fig. no. 2).

El equipo utilizado para realizar la molienda de 1 Kg. de mineral, fué un molino de bolas de laboratorio con las siguientes características:

DIAMETRO	20.3 cm
LONGITUD	20.3 cm
CARGA DE BOLAS	12.2 Kg
VELOCIDAD	72 r.p.m.

La carga de bolas tiene la siguiente distribución:

DIAMETRO DE BOLA		No. DE BOLAS	PESO DE BOLAS
(cm)	(pulg.)		(g)
3.175	1 1/4	31	4,026
2.858	1 1/8	31	2,948
2.540	1	31	2,080
2.223	7/8	31	1,394
1.905	3/4	31	876
1.588	5/8	54	876
		-----	-----
		209	12,200

La dilución empleada fué de 0.75:1 (57.14% sólidos).

El tamaño de liberación, determinado en el capítulo anterior, en base a observaciones realizadas al microscopio, es de -100 mallas (-149 micrómetros). Para alcanzar este tamaño se realizó una primera molienda a 25 minutos, su análisis

granulométrico se muestra en el cuadro número 3.

El tamaño al 80% acumulado negativo, determinado a partir de la gráfica de % acumulado negativo vs. abertura de la malla (fig. no. 3) es de 58 micrómetros (aproximadamente -200 mallas).

Dada la finura alcanzada en esta molienda, se disminuyó el tiempo a 20 minutos. Los resultados de esta molienda se muestran en el cuadro número 4.

La gráfica de % acumulado negativo vs. abertura de la malla (fig. no. 4) indica que el tamaño de partícula al 80% acumulado negativo es de 83 micrómetros (aproximadamente -150 mallas).

Este tiempo de molienda parece ser el adecuado. Para comprobarlo se realizó una tercera molienda a 18 minutos; los resultados de esta se reportan en el cuadro número 5.

El tamaño de partícula al 80% acumulado negativo es de 90 micrómetros (aproximadamente -150 mallas), el cual se obtuvo de la correspondiente gráfica de % acumulado negativo vs. abertura de la malla (fig. no. 5).

De los resultados obtenidos en las tres moliendas se concluye que el tiempo de molienda adecuado es de 20 minutos; las leyes y la distribución metalúrgica en cada una de las fracciones de esta molienda se reportan en el cuadro número 6.

La fracción -325 mallas (-44 micrómetros) representa más del 50% en peso, por lo cual esta fracción se sometió a otra etapa de separación granulométrica, efectuando el correspondiente análisis químico de los productos resultantes para conocer la distribución de valores en dichos productos. El equipo usado fué un clasificador hidráulico que utiliza el principio del hidrociclón, y que es conocido comercialmente como "Cyclosizer".

Los resultados de esta clasificación se reportan en el cuadro número 7, y en el número 8 se muestra la integración de los cuadros 6 y 7.

Del análisis de este cuadro, se hace aparente la necesidad de efectuar un deslame para tratar de eliminar las partículas menores a 10 micrómetros (punto de corte), ya que la ley de Fe

cae por debajo de 35%, lo cual significa una pérdida de Fe del orden del 12%, estas pérdidas van a reducir la recuperación de Fe, pero también se elimina aproximadamente el 25% tanto de F como de SiO_2 en la misma fracción.

Estas etapas de deslame se incluyen en las pruebas de concentración tanto en las de separación magnética como en las de flotación.

III.2. - SEPARACION MAGNETICA.

Basados en la susceptibilidad magnética los materiales se dividen en dos grupos: aquellos que son atraídos por un campo magnético (materiales paramagnéticos) y aquellos que son repelidos por un campo magnético (materiales diamagnéticos).

Al hierro y a la magnetita, que son materiales fuertemente paramagnéticos, se les acostumbra colocar en un grupo aparte denominado materiales ferromagnéticos.

Las operaciones de separación magnética, se realizan a altas y a bajas intensidades de campo magnético, dependiendo si los materiales a separar son paramagnéticos o ferromagnéticos respectivamente.

En las separaciones magnéticas a baja intensidad, se usan campos de hasta 2000 Gauss, considerándose separaciones magnéticas de alta intensidad las que requieran de campos magnéticos mayores a este valor.

Las separaciones magnéticas ya sean a alta o a baja intensidad, pueden realizarse en seco o en húmedo.

Para esta parte del estudio, se dispone de un separador magnético de tambor, de baja intensidad en húmedo tipo laboratorio, marca ERIEZ modelo L-8; que tiene las siguientes características :

Diámetro del tambor	30.5 cm
Longitud del tambor	19.0 cm
Velocidad del tambor	52 r.p.m.
Elemento magnético	electroiman de 3 polos.
Intensidad de campo generado	0-950 Gauss.

En este equipo, la separación magnética se puede llevar a cabo en forma concurrente o a contrarrotación.

La operación en forma concurrente (fig. 6), es más efectiva cuando se desea obtener un concentrado magnético limpio o de alta ley.

La operación a contrarrotación (fig. 7), es la utilizada cuando se desea aumentar la recuperación metalúrgica, obteniéndose un concentrado magnético más sucio o de menor ley (referencia no. 2, 7).

Se realizó una prueba de separación con cada una de las dos formas, con el fin de determinar las condiciones en que se harán las separaciones magnéticas durante el estudio.

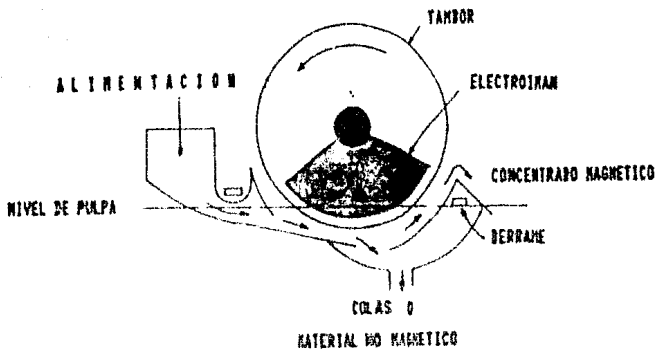


FIGURA No. 6
SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR
OPERANDO EN FORMA CONCURRENTENTE

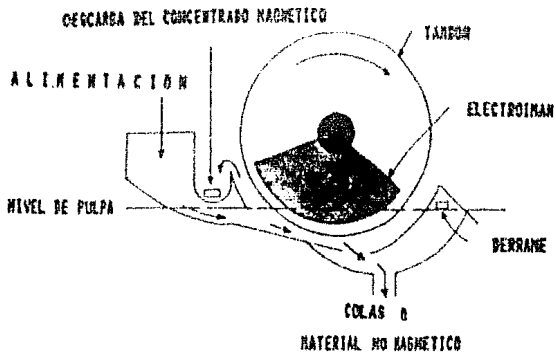


FIGURA No. 7
SEPARADOR MAGNETICO DE TAMBOR
OPERANDO A CONTRARROTACION

Las condiciones de operación para ambas pruebas fueron: 20 minutos de molienda con dilución de 0.7:1 (58.8% de sólidos), mientras que la dilución en separación magnética fue de 4:1 (20% de sólidos) y flujo de 3.3 l/min. a 950 Gauss.

Los resultados de ambas pruebas se muestran en los cuadros 9 y 10 para la separación a contrarrotación y en forma concurrente respectivamente.

Observando los resultados de ambas pruebas y bajo el criterio de obtener un concentrado magnético que sea un producto final, se elige la operación en forma concurrente.

A continuación se probó el efecto de la magnetización en la separación magnética, el objetivo de esto es aglomerar las partículas magnéticas finas, con el fin de disminuir la pérdida de estas al realizar el paso de deslame efectuado para la eliminación de finos de impurezas, este deslame permite desechar parte de las impurezas de una manera sencilla, aunque esto implica también la pérdida de una parte del Fe no magnético, pero evita el efecto nocivo de las lamas en el consumo de reactivo para la etapa de flotación.

La magnetización se realizó en un separador magnético en húmedo de alta intensidad tipo laboratorio, marca ERIEZ serie L, modelo 4, como el mostrado en la figura no. 8.

Este equipo consta de dos bobinas electromagnéticas, cada una con un polo magnético que hace converger el flujo magnético hacia un ducto de paso o caja de polos. Las características de este separador son:

Elemento magnético	2 bobinas electromagnéticas
Intensidad del campo generado	0-8,000 Gauss
Longitud del ducto de paso	20.3 cm
Ancho del ducto de paso	5.1 cm
Espesor del ducto de paso	2.5 cm

Para la magnetización, la pulpa mineral se hace pasar por la caja de polos que es donde se efectúa la aglomeración de los finos magnéticos.

Las pruebas de magnetización se corrieron a las siguientes intensidades de campo: 500, 1000 y 2000 Gauss.

Las condiciones de operación de las tres pruebas de magnetización, con declame y separación magnética se muestran en los cuadros 11, 12 y 13, y sus resultados en los cuadros 14, 15 y 16 respectivamente.

Los resultados obtenidos muestran que la magnetización a 500 Gauss es la que proporciona el mejor concentrado magnético; por lo tanto las separaciones magnéticas se llevarán a cabo bajo las condiciones dadas para la prueba con 500 Gauss.

El balance metalúrgico de estas pruebas revela que la mayor parte del Fe (alrededor del 60%) se encuentra en el material no magnético, lo cual era previsible a partir de la reconstrucción mineralógica que indica que el mineral es de tipo hematítico, este se va a tratar de recuperar en las pruebas de flotación que a continuación se detallan.

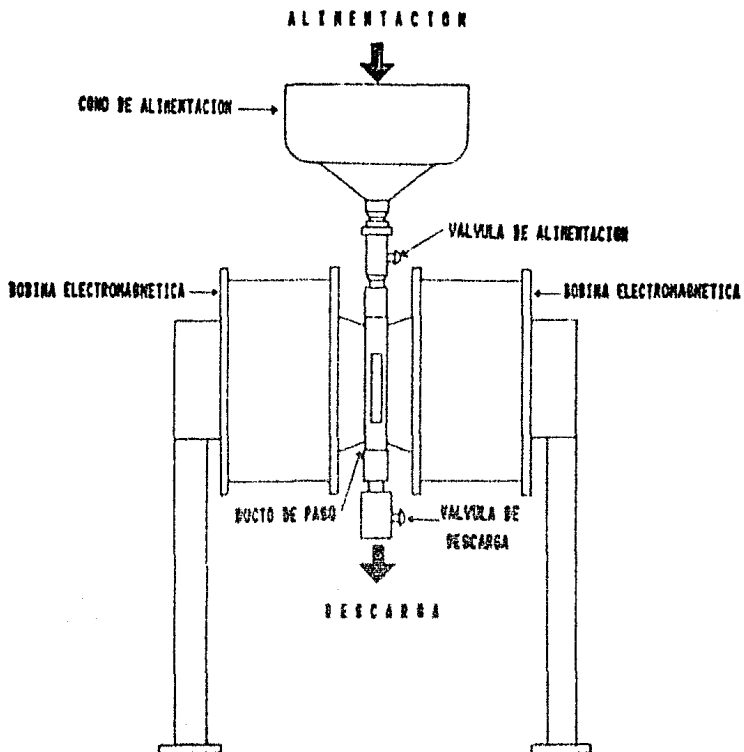


FIGURA No. 8
SEPARADOR MAGNETICO EN HUMEDO
DE ALTA INTENSIDAD, UTILIZADO
PARA LAS PRUEBAS DE MAGNETIZACION

III.3. - FLOTACION.

La literatura consultada (referencias nos. 4, 5, 6, 9, 10, 11) con respecto a las condiciones generales de flotación de apatita, cuarzo y óxidos de Fe, refieren que la apatita se puede flotar a pH alcalino utilizando ácidos grasos como colectores (p. ej. ácidos oleico, linoleico y linolénico), en este estudio se usó ácido oleico.

El cuarzo puede flotarse a pH alcalino utilizando colectores catiónicos del tipo de las aminas, para estas pruebas se usó como colector una amina grasa alifática de 18 carbonos soluble en agua (reactivo HERCOMIN C-03, designado como "amina" en esta tesis). El ion F^- es un depresor de cuarzo.

Las condiciones de flotación para los óxidos de Fe, se refieren principalmente a la hematita, debido a que la magnetita se acostumbra separar magnéticamente.

La hematita se flota con pH ácido a neutro y se han usado

tres tipos diferentes de colectores aniónicos: ácidos grasos, sulfonatos de petróleo y jabones alcalinos.

En las pruebas de flotación realizadas dentro de esta tesis, se va a utilizar el mismo ácido graso usado para la flotación de apatita, y un sulfonato de petróleo soluble en agua (reactivo QUIPIRONATO 30, designado como "QP-30" en esta tesis). Para deprimir los óxidos de Fe se usan almidones y dextrinas, en este trabajo se utilizó almidón caustificado, pues en las referencias consultadas mencionan que es mejor depresor que la dextrina para los óxidos de Fe.

Con base en esta información, se planearon 8 pruebas de flotación, las cuales después de analizar los resultados obtenidos en las mismas, estos proporcionen los criterios que definan las condiciones a las cuales deban realizarse las siguientes pruebas de flotación.

Los objetivos en estas primeras 8 pruebas fueron obtener concentrados de apatita, de cuarzo y de óxidos de Fe (flotación diferencial), o solamente el concentrado de Fe (flotación directa), esto se intenta llevar a cabo de dos formas, en la

primera, las flotaciones se efectuaron a mineral sin separación magnética / en la segunda, se utilizaron las colas de la separación magnética o material no magnético.

También se observó el efecto del colector en la flotación de Fe, los colectores que se compararon fueron ácido graso contra una solución de sulfonato de petróleo en agua.

Los objetivos de cada una de estas 8 pruebas se enlistan a continuación; las condiciones de molienda utilizadas en todas las pruebas de flotación, fueron las determinadas en la etapa de molienda, así como las condiciones de separación magnética utilizadas, fueron las determinadas en la etapa respectiva, esto es para las pruebas que incluyen esta separación:

PRUEBA 1 : Flotación de apatita con ácido graso, flotación de cuarzo con amina y flotación de Fe con ácido graso sin separación magnética previa.

PRUEBA 2 : Flotación de apatita con ácido graso, flotación de cuarzo con amina y flotación de Fe con sulfonato de petróleo; sin separación magnética previa.

PRUEBA 3 : Flotación de Fe con ácido graso sin separación magnética previa.

PRUEBA 4 : Flotación de Fe con sulfonato de petróleo sin separación magnética previa.

PRUEBA 5 : Flotación de apatita con ácido graso, flotación de cuarzo con amina y flotación de Fe con ácido graso después de separación magnética.

PRUEBA 6 : Flotación de apatita con ácido graso, flotación de cuarzo con amina y flotación de Fe con sulfonato de petróleo; después de separación magnética.

PRUEBA 7 : Flotación de Fe con ácido graso después de separación magnética.

PRUEBA 8 : Flotación de Fe con sulfonato de petróleo después de separación magnética.

Todas las pruebas de flotación se llevaron a cabo en una celda de flotación de laboratorio marca WEMCO modelo 52254, a 1,200 r.p.m. para las pruebas sin separación magnética la dilución de la pulpa al inicio de la prueba de flotación fué de 2.6:1 (27.5% de sólidos) y para las pruebas con separación magnética, la dilución al inicio de la flotación fué de 3.7:1 (21.4% de sólidos).

Los resultados de cada una de las pruebas realizadas, así como sus condiciones de operación se muestran en los cuadros 17 a 32 del punto III.5 de resultados experimentales.

Después de analizar los resultados obtenidos en estas primeras 8 pruebas, se determinó continuar solamente con el procedimiento que proporcionó los mejores resultados, estos fueron los de la prueba número 5; con lo cual se procedió a realizar las modificaciones adecuadas que condujeron al planteamiento de las pruebas 9 y 10, los resultados de estas, así como sus condiciones de operación se muestran en los cuadros número 33 al 36.

Se hace la aclaración que en los productos de las primeras 8 pruebas no pudo efectuarse el análisis de P, razón por la cual este elemento no se reporta en los balances metalúrgicos correspondientes a dichas pruebas.

III.4. - REACTIVOS UTILIZADOS.

Los reactivos utilizados en el estudio, su forma de adición y preparación, así como su presentación y el fabricante de los mismos, se muestran en los cuadros 37 y 38 respectivamente.

Se hace la aclaración de que no se recomienda marca alguna en especial y su inclusión en estos cuadros debe considerarse solo como información complementaria.

REACTIVO	FORMA DE ADICION	PREPARACION
ACEITE DE PINO	GOTAS	NINGUNA
ACIDO GRASO	GOTAS	FUNDIR EN BAZO MARIA
ACIDO SULFURICO	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 50 g/l
ALMIDON CAUSTIFICADO	SOLUCION	A 452 PARTES DE AGUA AGREGAR 5 PARTES DE ALMIDON 4401 (BASE SECA) AGITANDO CONSTANTEMENTE, UNA VEZ OBTENIDA LA SUSPENSION DE ALMIDON EN AGUA, AGADIR UNA SOLUCION DE 4 PARTES DE NaOH EN 40 PARTES DE AGUA, MANTENIENDO LA AGITACION HASTA LA COMPLETA GELATINIZACION DE LA SOLUCION DE ALMIDON, ESTA SOLUCION CONTIENE APROXIMADAMENTE 10 g DE ALMIDON POR LITRO DE SOLUCION
ANINA	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 50 g/l
CARBONATO DE SODIO	GRANULAR	NINGUNA
FLUORURO DE SODIO	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 50 g/l
HIDROXIDO DE SODIO	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 50 g/l
QUIPIRONATO 30 (8P-30)	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 100 g/l
SILICATO DE SODIO	SOLUCION	SOLUCION ACUOSA DE 50 g/l

CUADRO No. 37
FORMA DE ADICION Y PREPARACION
DE LOS REACTIVOS.

REACTIVO	PRESENTACION	FABRICANTE
ACEITE DE PINO	LIQUIDA	CYAMANID
ACIDO GRASO	PASTA	Proporcionado por CEMESA
ACIDO SULFURICO CONC.	LIQUIDA	J. T. BAKER
ALMIDON 4401	POLVO	PRODUCTOS DE MAIZ S.A.
AMINA IHERCORIN C-03)	LIQUIDO VISCOSO	QUIMICA HERCULES S.A.
CARBONATO DE SODIO	GRANULAR	J. T. BAKER
FLUORURO DE SODIO	POLVO	J. T. BAKER
HIDROXIDO DE SODIO	LENTAJAS	J. T. BAKER
QUIPIRONATO 20 (4F-30)	LIQUIDO VISCOSO	QUIMICOS Y DERIVADOS S.A.
SILICATO DE SODIO	GRANULAR	SILICATOS Y DERIVADOS S.A.

**CUADRO No. 38
PRESENTACION Y FABRICANTE
DE LOS REACTIVOS.**

III.5. - RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Debido a la gran cantidad de gráficas y cuadros en donde se reportan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas durante el desarrollo de esta tesis, se decidió mostrarlos en un inciso aparte. En los cuadros que contienen las condiciones de operación, la abreviatura "S/R" significa "SIN REACTIVO".

Aunque todos los cuadros y las figuras llevan un texto en el cual se explica el tipo de información contenida, para una rápida referencia se dá la siguiente relación por etapas:

MOLIENDA : Figuras nos. 2 a 5.
Cuadros nos. 2 a 8.

SEPARACION MAGNETICA : Cuadros nos. 9 a 16.

FLOTACION : Cuadros nos. 17 a 36.

PRODUCTO (MALLAS)	ABERTURA		PEGO		L E Y E S (%)			DISTRIBUCION (%)		
	(MICROMETROS)	(M)	(%)	ACUM.	Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
- 14 + 20	- 1180 + 590		31.7	100.0	46.20	0.50	13.90	29.8	25.9	29.2
- 20 + 35	- 590 + 425		11.2	68.3	55.00	0.50	14.20	12.5	9.2	10.5
- 35 + 48	- 425 + 300		10.4	57.1	54.20	0.50	14.00	11.5	8.5	9.7
- 48 + 65	- 300 + 212		8.8	46.7	55.30	0.60	13.80	9.9	8.7	8.1
- 65 + 100	- 212 + 150		7.0	37.9	46.20	0.80	14.00	6.6	9.2	6.5
- 100 + 150	- 150 + 106		6.0	30.9	53.70	0.80	14.50	6.5	7.9	5.8
- 150 + 200	- 106 + 74		3.7	24.9	55.80	0.80	11.90	4.2	4.9	2.9
- 200 + 250	- 74 + 63		4.2	21.2	55.60	1.20	13.10	4.7	8.3	3.6
- 250 + 325	- 63 + 44		3.1	17.0	50.30	1.20	14.50	3.2	6.1	3.0
- 325	- 44		13.9	13.9	39.40	0.50	22.50	11.1	11.3	20.7
			100.0					100.0	100.0	100.0
L E Y C A L C U L A D A					49.20	0.61	15.00			

CUADRO No. 2
GRANULOMETRIA Y DISTRIBUCION
METALURGICA DEL MINERAL.
100%-14 MALLAS

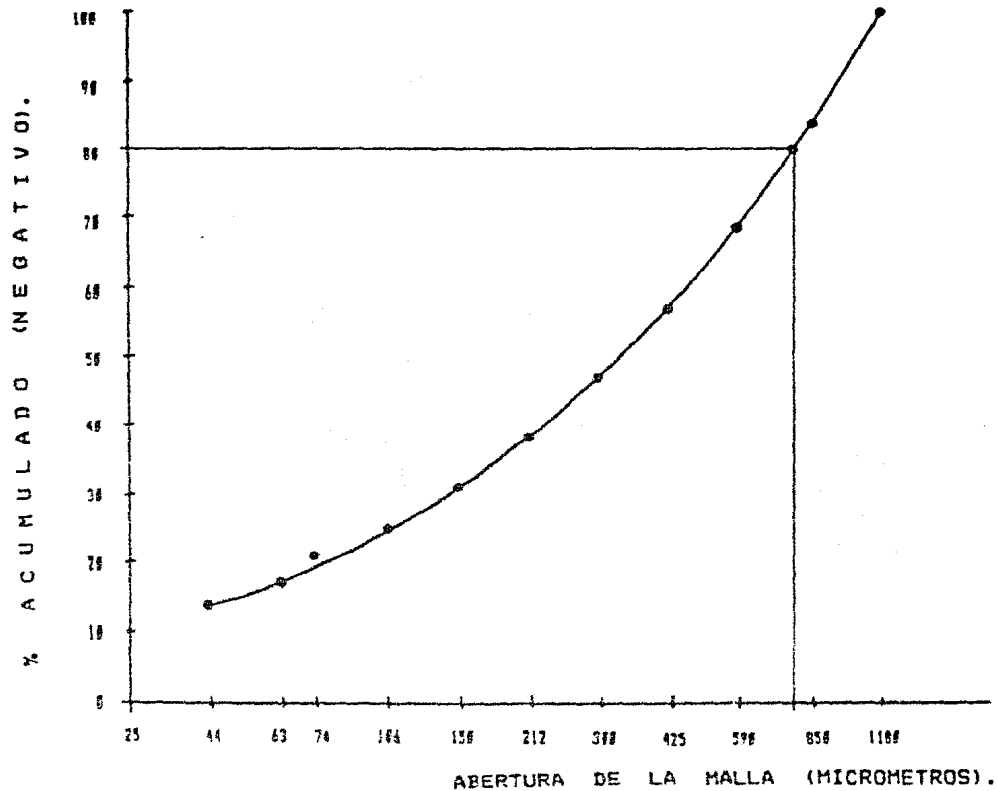


FIG. No. 2.-

ANALISIS GRANULOMETRICO

DEL MINERAL 100% -14 MALLAS.

PRODUCTO		ABERTURA		PESO	%
(MALLAS)		(MICROMETROS)		(%)	ACUM.
- 48	+100	-300	+149	0.2	100.0
-100	+150	-149	+106	1.3	99.8
-150	+200	-106	+ 74	7.5	98.5
-200	+250	- 74	+ 63	6.7	91.0
-250	+325	- 63	+ 44	14.2	84.3
-325		- 44		70.1	70.1
100.0					

CUADRO No. 3
GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
DE 25 MINUTOS.

PRODUCTO		ABERTURA		PESO	%
(MALLAS)		(MICROMETROS)		(%)	ACUM.
- 48	+100	-300	+149	1.5	100.0
-100	+150	-149	+106	7.9	98.5
-150	+200	-106	+ 74	15.1	90.6
-200	+250	- 74	+ 63	8.4	75.5
-250	+325	- 63	+ 44	12.4	67.1
-325		- 44		54.7	54.7
100.0					

CUADRO No. 4
GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
DE 20 MINUTOS.

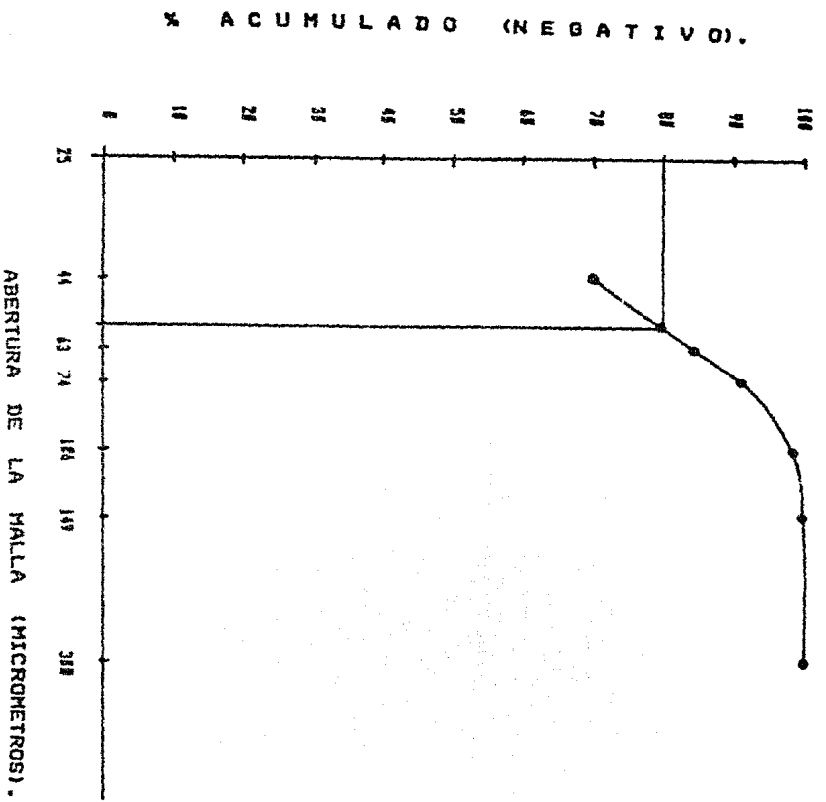


FIG. NO. 3.--
 GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
 A 25 MINUTOS.

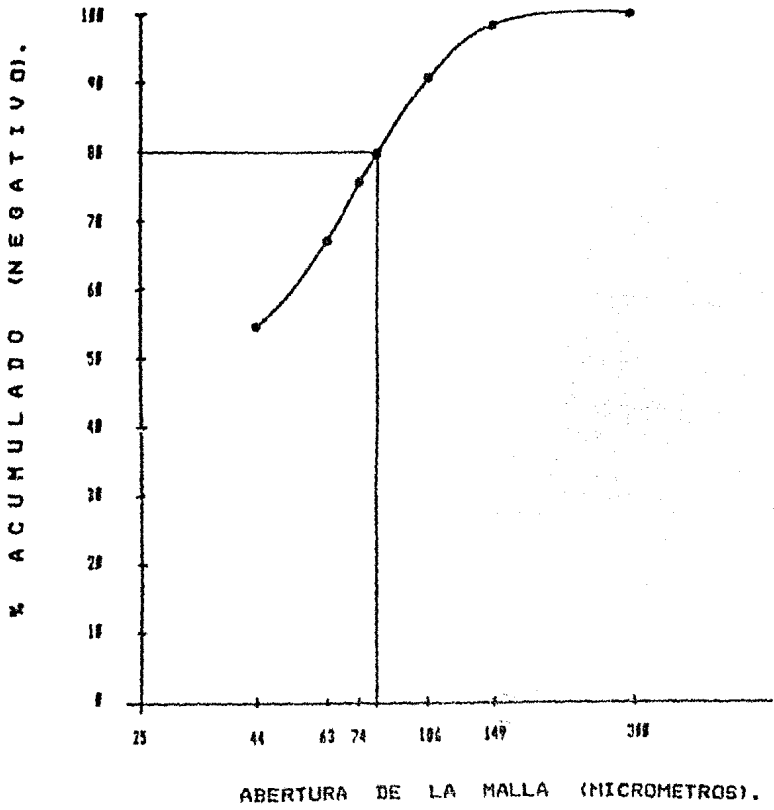


FIG. No. 4. -
GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
A 20 MINUTOS.

PRODUCTO		ABERTURA		PESO	%
(MALLAS)		(MICROMETROS)		(%)	ACUM.
- 28	+ 65	-590	+210	0.3	100.0
- 65	+100	-210	+149	2.7	99.7
-100	+150	-149	+106	7.9	97.0
-150	+200	-106	+ 75	19.4	89.1
-200	+250	- 75	+ 63	7.7	69.7
-250	+325	- 63	+ 44	11.5	62.0
-325		- 44		50.5	50.5
				100.0	

**CUADRO No. 5
GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
DE 18 MINUTOS.**

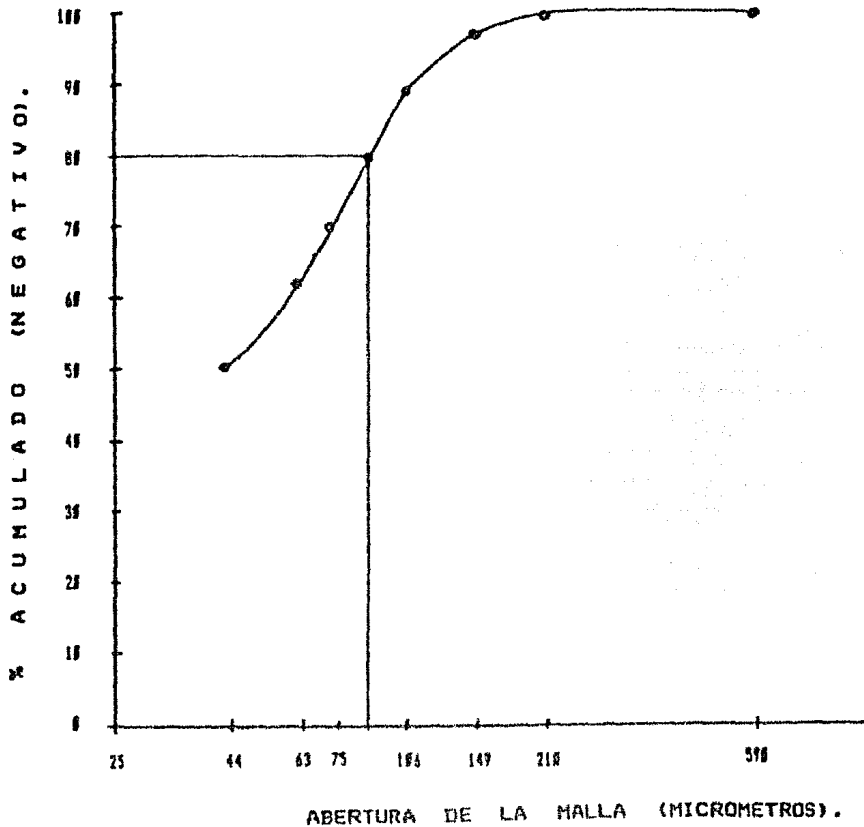


FIG. No. 5.--
GRANULOMETRIA DE LA MOLIENDA
A 18 MINUTOS.

PRODUCTO (MALLAS)	ABERTURA		PESO (%)	%	LEYES (%)			DISTRIBUCION (%)		
	(MICROMETROS)				Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
- 48 +100	- 300 + 149		1.5	100.0	47.00	0.40	19.50	1.4	0.7	2.0
-100 +150	- 149 + 106		7.9	98.5	56.00	0.80	14.90	0.6	7.0	8.0
-150 +200	- 106 + 74		15.1	90.6	57.00	0.40	15.10	16.7	6.7	15.4
-200 +250	- 74 + 63		0.4	75.5	56.00	0.60	13.50	9.1	5.6	7.7
-250 +325	- 63 + 44		12.4	67.1	55.00	0.50	14.30	13.4	6.9	10.3
-325	- 44		54.7	54.7	48.00	1.20	15.30	59.0	73.1	58.6
			100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA					51.64	0.90	14.78			

CUADRO No. 6
GRANULOMETRIA Y DISTRIBUCION
METALURGICA DE LA MOLIENDA
DE 20 MINUTOS.

PRODUCTO (MICRONETROS)	PESO (%)	S ACUM.	LEYES			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
- 44 + 29	25.8	100.0	57.00	0.00	3.70	35.7	20.2	4.2
- 29 + 22	13.9	74.2	41.00	1.20	15.40	13.8	16.3	14.4
- 22 + 15	13.1	60.3	41.00	0.00	18.60	13.0	10.3	15.9
- 15 + 10	12.3	47.2	59.00	1.20	20.10	11.6	14.4	16.2
- 10 + 7	5.7	34.9	34.00	0.80	13.70	4.7	4.5	7.0
- 7	29.2	29.2	00.00	1.20	21.30	21.2	34.3	40.7
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			41.30	1.00	15.29			

CUADRO No. 7
GRANULOMETRIA Y DISTRIBUCION
METALURGICA DE LA CLASIFICACION
EN CYCLOSIZER DEL PRODUCTO
-325 MALLAS DE LA MOLIENDA
DE 20 MINUTOS.

PRODUCTO (MICRONETROS)	PESO (%)	%	L E Y E S (%)			DISTRIBUCION (%)			
			ACUM.	F ₀	P	SIG ₀	F ₀	P	SIG ₀
-300	1147	1.5	100.0	47.00	0.40	19.50	1.5	0.7	2.0
-149	1106	7.9	98.5	56.00	0.80	14.90	9.2	7.9	8.0
-106	674	15.1	90.6	57.00	0.40	15.10	17.9	7.5	15.4
-74	163	8.4	75.5	56.00	0.60	13.50	9.8	6.3	7.8
-63	144	12.4	67.1	56.00	0.50	12.30	14.3	7.7	16.3
-44	129	14.1	54.7	57.00	0.80	3.70	16.8	14.1	3.5
-29	122	7.6	40.6	41.00	1.20	15.40	6.5	11.4	7.9
-22	115	7.2	33.0	41.00	0.80	18.60	6.2	7.2	9.1
-15	110	6.7	25.8	37.00	1.20	20.10	5.4	10.0	9.1
-10	107	3.1	19.1	34.00	0.80	18.70	2.2	3.1	3.9
-7		16.0	16.0	39.00	1.20	21.30	10.0	24.1	23.1
		100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			47.96	0.81	14.77				

CUADRO No. 8
GRANULOMETRIA Y DISTRIBUCION
METALURGICA DE LA MOLIENDA.
DE 20 MINUTOS
(INTEGRACION DE LOS
CUADROS No. 6 Y 7)

PRODUCTO	PESO (%)	R.C.	LEYES (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
Concen. Mag.	39.1	2.6:1	43.0	0.52	6.60	47.7	21.0	16.0
No Mag.	60.9		44.3	1.20	21.00	52.3	70.2	83.2
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			51.61	0.93	15.37			

**CUADRO No. 9
BALANCE METALURGICO DE LA
SEPARACION MAGNETICA A
CONTRARROTACION.**

PRODUCTO	PESO	R.C.	LEYES (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
Concen. Mag.	25.3	4.0:1	67.0	0.33	2.74	33.6	0.0	4.4
No Mag.	74.7		44.8	1.16	20.12	66.4	91.2	95.6
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.41	0.95	15.72			

**CUADRO No. 10
BALANCE METALURGICO DE LA
SEPARACION MAGNETICA
CONCURRENTE.**

ETAPA	TIEMPO (minutos)	DILUCION	FLUJO (l/min)	INTENSIDAD DE CAMPO (GAUSS)
MOLIENDA	20.0	0.7:1		
MAGNETIZACION	1.3	5:1	4.0	500
ASENTAMIENTO	3.0	6:1		
DESLANE	3.0	7:1	1.8	
SEPARACION MAGNETICA	6.5	6:1	2.1	950
LIMPIA MAGNETICA	5.0	20:1	2.1	950

CUADRO No. 11
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA DE SEPARACION MAGNETICA
CON MAGNETIZACION A 500 GAUSS

ETAPA	TIEMPO (minutos)	DILUCION	FLUJO (l/min)	INTENSIDAD DE CAMPO (GAUSS)
MOLIENDA	20.0	0.7:1		
MAGNETIZACION	1.3	5:1	4.0	1,000
ASENTAMIENTO	3.0	6:1		
DESLANE	3.0	7:1	1.8	
SEPARACION MAGNETICA	6.5	6:1	2.1	950
LIMPIA MAGNETICA	5.0	20:1	2.1	950

CUADRO No. 12
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA DE SEPARACION MAGNETICA
CON MAGNETIZACION A 1,000 GAUSS

ETAPA	TIEMPO (minutos)	DILUCION	FLUJO (l/min)	INTENSIDAD DE CAMPO (GAUSS)
MOLIENDA	20.0	0.7:1		
MAGNETIZACION	1.3	5:1	4.0	2,000
ASENTAMIENTO	3.0	6:1		
DESLEME	3.0	7:1	1.0	
SEPARACION MAGNETICA	6.5	6:1	2.1	950
LIMPIA MAGNETICA	5.0	20:1	2.1	950

CUADRO No. 13
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA DE SEPARACION MAGNETICA
CON MAGNETIZACION A 2,000 GAUSS

PRODUCTO	PESO (%)	R.C.	LEYES (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
LAMAS	2.5		46.4	0.60	24.20	2.3	2.5	4.3
CONC. MAG.	25.2	4.0:1	67.4	0.06	1.12	33.3	2.6	2.0
MEBLOS MAG.	3.9		55.0	0.40	9.32	4.22	2.6	2.6
MO MAG.	68.4		44.8	0.00	18.54	60.2	92.3	91.1
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.93	0.59	13.93			

CUADRO No. 14
BALANCE METALURGICO
PRUEBA DE SEPARACION CON
MAGNETIZACION A 500 GAUSS.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
LANAS	5.4		36.8	0.80	25.02	3.9	6.8	9.9
CONC. MAG.	29.2	4.0:1	68.4	0.18	0.90	33.9	7.2	1.7
MEDIOS MAG.	6.3		38.6	0.60	14.76	4.8	6.0	6.8
NO MAG.	63.1		46.2	0.80	17.76	57.4	80.0	81.6
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.81	0.63	13.71			

CUADRO No. 15
BALANCE METALURGICO
PRUEBA DE SEPARACION CON
MAGNETIZACION A 1,000 GAUSS.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
LANAS	4.4		35.2	0.64	25.00	3.0	4.5	8.0
CONC. MAG.	25.6	3.9:1	67.4	0.20	0.94	33.4	8.3	1.7
MEDIOS MAG.	5.0		56.8	0.40	8.94	5.5	3.2	3.2
NO MAG.	65.0		46.2	0.80	18.98	58.1	84.0	87.1
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			51.67	0.62	14.16			

CUADRO No. 16
BALANCE METALURGICO
PRUEBA DE SEPARACION CON
MAGNETIZACION A 2,000 GAUSS.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LAMAS 1	4.0		37.00	22.80	2.9	6.3
CONC. APAT.	3.5	29.6:1	56.80	11.00	1.8	2.7
MEDIOS APAT.	15.8		41.50	14.90	12.9	16.1
CONC. CUARZO	0.8	250.0:1	26.00	21.00	0.3	0.6
MEDIOS CUARZO	1.0		39.00	21.40	0.8	1.5
LAMAS ALCALINAS	5.0		56.00	25.00	5.5	12.1
CONC. Fe 1	33.0	3.0:1	57.00	10.00	36.9	22.6
MEDIOS Fe 1	9.6		50.90	19.90	9.6	13.7
CONC. Fe 2	13.2	7.6:1	53.00	11.00	14.0	16.0
MEDIOS Fe 2	11.4		54.00	15.00	12.1	11.8
COLAS	3.1		53.00	14.50	3.2	3.1
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.91	14.52		

CUADRO No. 17
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No.1.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD g/l	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acord.	Flota.	
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		7.7
Deslame 1			cuba			
Flota. Apat.	Na_2CO_3	1,500	celda	13		9.0
	almidon caust.	200	celda	10		9.3
	ac. graso	300	celda	6		9.1
	a. de pino	30	celda	2	2.0	9.1
Flota. Cuarzo	Na_2SiO_3	100	celda	6		8.9
	Na_2CO_3	1,000	celda	3		9.5
	salina	2.0	celda	1	1.5	9.4
Deslame Alcalino			celda			8.3
Flota. Fe 1	H_2SO_4	3,000	celda	18		3.0
	ac. graso	600	celda	16		4.0
	H_2SO_4	1,000	celda	13		2.5
	a. de pino	60	celda	11		2.6
	ac. graso	300	celda	8		2.8
	a. de pino	60	celda	6		3.0
	ac. graso	200	celda	3	3.0	5.4
Flota. Fe 2	ac. graso	300	celda	3		5.3
	a. de pino	60	celda	2	1.5	5.2
Limpia Apat.	Na_2CO_3	500	celda	6		9.1
	almidon caust.	100	celda	4	1.0	9.3
Limpia Cuarzo	Na_2CO_3	500	celda	5		8.9
	a. de pino	60	celda	3		8.8
	salina	100	celda	1	1.5	8.7
Limpia Fe 1	S/R		celda		1.5	6.5
Limpia Fe 2	H_2SO_4	250	celda	6	1.0	5.7

CUADRO No. 18
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 1

PRODUCTO	PESO	R.C.	LEYES (%)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LANAS 1	2.2		36.80	31.00	1.6	4.5
CONC. Fe 1	27.0	3.7:1	48.80	13.50	26.3	24.2
CONC. Fe 2	3.1	32.3:1	50.40	6.00	3.1	1.2
MEDIOS Fe 1	23.6		62.50	8.00	29.4	12.5
CONC. Fe 3	18.3	5.5:1	48.20	15.80	17.6	19.2
MEDIOS Fe 3	13.2		35.80	27.00	9.4	23.6
COLAS	12.4		50.20	17.70	12.6	14.8
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULARA			59.17	15.09		

**CUADRO No. 19
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 2.**

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acad.	Flota.	
		g/t				
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		7.8
Desfame I			cuba			
Flota. Fe 1	NaF	200	celda	14		8.0
	H_2SO_4	7,000	celda	10		4.7
	ac. graso	600	celda	7		5.5
	a. de pino	60	celda	2	4.5	5.7
Flota. Fe 2	H_2SO_4	1,000	celda	10		5.0
	ac. graso	600	celda	7		
	a. de pino	60	celda	2	2.5	5.9
Flota. Fe 3	H_2SO_4	600	celda	10		4.8
	ac. graso	600	celda	7		5.2
	a. de pino	60	celda	2	2.5	
Limpia Fe 2	Na_2SiO_3	100	celda	6		7.5
	NaF	100	celda	3		
	H_2SO_4	600	celda	2	2.0	4.5
Limpia Fe 3	H_2SO_4	600	celda	3	2.0	4.5

CUADRO No. 20
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 2

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E B (%)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LAMAS I	3.0		37.60	25.50	2.2	4.9
CONC. Fe 1	2.8	35.7:1	41.00	20.50	2.3	3.7
MEBIOS Fe 1	11.3		42.00	21.70	9.5	16.0
CONC. Fe 2	1.6	62.5:1	38.00	20.70	1.2	2.1
MEBIOS Fe 2	6.8		42.00	21.20	5.7	9.3
CONC. Fe 3	1.3	74.9:1	42.80	18.20	1.1	1.6
MEBIOS Fe 3	5.0		44.30	17.50	4.4	6.3
CONC. Fe 4	1.1	90.9:1	46.30	15.90	1.0	1.1
MEBIOS Fe 4	4.6		47.00	15.50	4.5	6.8
CONC. Fe 5	0.9	111.1:1	50.00	12.60	0.9	0.7
MEBIOS Fe 5	6.1		53.00	12.00	6.4	4.7
COLAS	55.0		58.00	17.50	60.8	44.8
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.76	13.46		

**CUADRO No. 21
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 3.**

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD g/t	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acid.	Flota.	
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		7.9
Deslime 1			cuba			
Flota. Fe 1	KaF	200	celda	14		
	H_2SO_4	12,500	celda	10		3.5
	OP-30	750	celda	7		3.0
	a. de piso	30	celda	2	3.0	3.1
Flota. Fe 2	H_2SO_4	1,000	celda	10		2.7
	OP-30	750	celda	7		2.8
	a. de piso	30	celda	2	2.0	2.9
Flota. Fe 3	H_2SO_4	600	celda	10		2.5
	OP-30	750	celda	7		2.5
	a. de piso	30	celda	2	2.0	2.5
Flota. Fe 4	H_2SO_4	500	celda	10		2.5
	OP-30	750	celda	7		2.5
	a. de piso	30	celda	2	2.0	2.6
Flota. Fe 5	H_2SO_4	1,000	celda	10		2.2
	OP-30	750	celda	7		2.3
	a. de piso	30	celda	2	1.5	2.3
Limpia Fe 1	S/R		celda		2.0	5.7
Limpia Fe 2	S/R		celda		2.0	5.7
Limpia Fe 3	S/R		celda		1.5	6.0
Limpia Fe 4	S/R		celda		1.5	6.3
Limpia Fe 5	S/R		celda		1.0	5.9

CUADRO No. 22
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 3.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LAMAS 1	2.4		37.60	13.50	1.0	2.2
CONC. APAT.	2.5	40.0:1	30.20	11.00	1.5	2.0
MEBIOS APAT.	16.2		24.20	13.20	11.3	14.0
CONC. CUARZO	0.9	111.1:1	39.60	22.00	0.7	1.4
MEBIOS CUARZO	3.1		41.20	22.40	2.5	4.0
LAMAS ALCALINAS	6.2		41.20	24.40	4.9	10.5
CONC. Fe 1	1.1	90.9:1	50.60	15.30	1.1	1.2
MEBIOS Fe 1	3.7		47.00	21.40	3.4	5.5
CONC. Fe 2	2.7	37.0:1	55.10	9.60	2.9	1.8
MEBIOS Fe 2	4.4		52.60	18.40	4.5	5.6
CONC. Fe 3	2.7	37.0:1	58.40	19.50	3.1	2.5
MEBIOS Fe 3	5.0		55.20	12.30	5.3	4.3
COLAS	49.1		60.00	12.00	57.0	43.4
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			51.64	14.47		

CUADRO No. 23
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 4.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acuaf.	Flota.	
		g/t				
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		2.7
Deslave I			tuba			
Flota. Apat.	Na_2CO_3	1,500	celda	13		9.4
	almidon caust.	200	celda	10		9.6
	ac. graso	300	celda	6		9.4
	a. de pino	30	celda	2	2.0	9.4
Flota. Cuarzo	Na_2SiO_3	100	celda	5.25		9.4
	a. de pino	30	celda	2.25		9.3
	zeina	100	celda	0.25	1.5	
Deslave Alcalino			celda			
Flota. Fe 1	H_2SO_4	2,500	celda	9		3.0
	BP-20	750	celda	7		4.5
	a. de pino	30	celda	2	1.5	4.7
Flota. Fe 2	H_2SO_4	500	celda	9		3.2
	BP-20	750	celda	7		4.1
	a. de pino	60	celda	2	1.5	4.3
Flota. Fe 3	H_2SO_4	400	celda	9		2.9
	BP-20	750	celda	7		3.3
	a. de pino	30	celda	2	1.25	3.5
Limpia Apat.	almidon caustico	200	celda	6		9.4
	a. de pino	30	celda	2		9.4
	a. de pino	30	celda	1	1.0	9.4
Limpia de Cuarzo	Na_2CO_3	500	celda	4.25		9.3
	a. de pino	60	celda	2.25		9.2
	zeina	100	celda	0.25	1.5	
Limpia Fe 1	Na_2SiO_3	100	celda	4		7.1
	H_2SO_4	600	celda	2	1.5	2.7
Limpia Fe 2	Na_2SiO_3	100	celda	4		7.4
	H_2SO_4	500	celda	2	1.5	3.2
Limpia Fe 3	Na_2SiO_3	100	celda	4		7.4
	H_2SO_4	500	celda	2	1.0	3.2

CUADRO No. 24
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 4.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)		DISTRIBUCION (%)	
			(%)	Fe	SiO ₂	Fe
LAMAS I	2.0		36.00	27.40	1.4	3.8
CONC. MAG.	26.0	3.3:1	63.70	2.10	32.6	3.8
LAMAS NO MAG.	5.8		34.70	21.00	4.0	8.6
CONC. APAT.	0.8	125.0:1	35.80	9.40	0.6	0.5
MEBIOS APAT.	11.1		35.00	15.20	7.6	11.8
CONC. CUARZO	0.6	167.0:1	39.70	23.80	2.1	4.5
MEBIOS CUARZO	2.7		38.79	23.80	2.1	4.5
LAMAS ALCALINAS	1.6		35.60	21.10	1.1	2.4
CONC. Fe	27.7	3.6:1	62.09	19.10	34.4	35.6
MEBIOS Fe	14.3		40.40	16.10	11.4	16.2
COLAS	7.2		38.80	24.40	4.3	12.3
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.82	14.24		

CUADRO No. 25
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 5.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR		TIEMPO (MIN.)	pH
			g/l	Acuaf.		
n	Molienda	Na_2SiO_3	200	celda	20	8.0
	Magnetizacion			L-4	1	
	Deslame I			cuba	3	
	Segn. Mag.			L-8	3	
	Limpia Mag.			L-8	2	
	Deslame No-Mag.			cuba		
	Flota. Apat.	Na_2CO_3	1,500	celda	13	9.6
		almidon caust.	150	celda	10	9.8
		ac. graso	300	celda	6	9.7
		a. de pino	60	celda	2	2.5 9.6
	Flota. Cuarzo	Na_2SiO_3	100	celda	5.5	9.5
		a. de pino	30	celda	2.5	9.5
		asina	100	celda	0.5	2.0
	Deslame Alcalino			celda		8.2
	Flota. Fe	H_2SO_4	2,500	celda	14	3.5
		ac. graso	600	celda	12	4.5
		a. de pino	60	celda	7	4.7
		ac. graso	300	celda	5	5.7
		a. de pino	30	celda	2	3.0 5.7
	Limpia Apat.	almidon caust.	100	celda	4	1.0 9.2
Limpia Cuarzo	Na_2CO_3	500	celda	4.5	9.4	
	a. de pino	90	celda	2.5	9.3	
	asina	100	celda	0.5	1.5	
Limpia Fe	Na_2SiO_3	100	celda	4	7.9	
	H_2SO_4	400	celda	2	3.0 4.3	

CUADRO No. 26
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 5

PRODUCTO	PESO	R.C.	LEY E (S)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LARAS I	6.1		36.90	34.04	4.6	14.6
CONC. MAG.	26.1	3.0:1	65.20	1.60	34.4	2.9
LARAS NO MAG.	2.9		34.20	25.60	2.0	5.2
CONC. Fe 1	12.5	8.0:1	57.00	5.90	14.4	5.2
MEJIOS Fe 1	17.1		55.50	7.80	19.2	9.4
CONC. Fe 2	11.1	9.0:1	50.50	26.64	11.3	21.0
MEJIOS Fe 2	15.0		37.50	9.60	11.4	10.2
CEGLAS	9.2		14.30	48.24	2.7	31.5
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			49.42	14.19		

CUADRO No. 27
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 6.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acad.	Flota.	
		g/t				
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		
Magnetización			L-4	1		
Deslime I			cuba	3		
Sepo. Mag.			L-8	4		
Limpia Mag.			L-8	2		
Deslime No-Mag.			cuba	3		7.7
Flota. Fe 1	NaF	200	celda	14		8.0
	H_2SO_4	6,000	celda	11		4.3
	ac. graso	600	celda	8		5.0
	a. de pino	60	celda	3	4.0	5.3
Flota. Fe 2	NaF	100	celda	15		6.9
	H_2SO_4	600	celda	12		4.6
	ac. graso	400	celda	9		5.0
	a. de pino	60	celda	4		5.1
	a. de pino	30	celda	2	2.0	
Limpia Fe 1	Na_2SiO_3	100	celda	6		7.2
	H_2SO_4	800	celda	3	2.5	4.9
Limpia Fe 2	Na_2SiO_3	100	celda	6		7.4
	H_2SO_4	600	celda	3	2.5	4.5

CUADRO No. 28
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 6

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LANAS 1	4.6		32.00	25.70	2.9	0.3
COMC. MAG.	26.0	3.7:1	66.40	1.50	34.5	2.0
LANAS NO MAG.	0.8		30.20	27.50	0.5	1.5
COMC. APAT.	1.3	78.9:1	27.00	12.60	0.7	1.1
MEDIOS APAT.	12.4		36.90	15.00	0.0	13.7
COMC. CUARZO	1.1	90.9:1	37.40	24.00	0.0	1.9
MEDIOS CUARZO	3.3		39.00	25.50	2.6	3.9
LANAS ALCALINAS	4.6		36.90	29.60	3.3	9.5
COMC. Fe 1	1.6	62.5:1	60.00	10.90	1.9	1.2
MEDIOS Fe 1	4.3		47.40	16.90	4.0	5.1
COMC. Fe 2	2.7	37.0:1	64.00	5.50	3.5	1.0
MEDIOS Fe 2	3.1		47.70	21.40	2.6	4.6
COMC. Fe 3	2.2	45.5:1	65.00	3.70	2.0	0.6
MEDIOS Fe 3	2.2		45.00	27.90	2.0	4.3
COLAS	29.0		51.00	19.00	29.1	38.5
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			51.51	14.32		

CUADRO No. 29
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No.7.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acoaf.	Flota.	
		g/l				
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		
Magnetizacion			L-4	1		
Deslave			cuba	3		
Sepa. Mag.			L-8	3		
Limpia Mag.			L-8	2.5		
Deslave No-Mag.			cuba			8.0
Flota. Apat.	Na_2CO_3	1,500	celda	13		9.6
	almidon caust.	150	celda	10		9.7
	acido grasso	350	celda	6		9.5
	a. de pino	30	celda	2	1.5	9.5
Flota. Cuarzo	Na_2SiO_3	100	celda	6.5		9.4
	a. de pino	30	celda	3.5		9.3
	asina	150	celda	1.5	1.5	9.3
Deslave Alcalino			celda			8.2
Flota. Fe 1	H_2SO_4	1,500	celda	10		4.8
	GP-30	750	celda	7		3.0
	a. de pino	30	celda	2	1.5	3.0
Flota. Fe 2	H_2SO_4	600	celda	8		2.7
	GP-30	750	celda	5	2.0	2.7
Flota. Fe 3	GP-30	750	celda	5	1.0	3.9
Limpia Apat.	almidon caust.	100	celda	4	0.5	9.1
Limpia Cuarzo	Na_2CO_3	500	celda	5		9.4
	a. de pino	60	celda	3		9.3
	asina	100	celda	1	1.5	
Limpia Fe 1	S/R		celda		1.5	6.6
Limpia Fe 2	S/R		celda		1.0	6.5
Limpia Fe 3	H_2SO_4	450	celda	2	0.5	3.0

CUADRO No. 30
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 7

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)		DISTRIBUCION (%)	
			Fe	SiO ₂	Fe	SiO ₂
LAMAS 1	5.2		35.60	26.20	3.4	9.3
CONC. MAG.	26.4	3.8:1	66.00	1.00	24.7	1.8
LAMAS NO MAG.	1.7		21.50	27.00	1.1	3.1
CONC. Fe 1	2.6	38.5:1	40.20	20.90	2.1	3.7
MEBIOS Fe 1	9.2		39.00	22.90	7.2	14.5
CONC. Fe 2	2.2	45.5:1	47.00	13.20	2.1	2.0
MEBIOS Fe 2	6.4		43.20	19.00	5.7	8.6
CONC. Fe 3	2.1	47.6:1	51.20	9.50	2.1	1.3
MEBIOS Fe 3	6.5		50.00	17.00	6.5	5.0
CONC. Fe 4	1.5	66.7:1	59.50	6.00	1.8	0.9
MEBIOS Fe 4	7.4		55.60	9.60	8.1	4.9
CONC. Fe 5	1.2	83.3:1	55.60	5.20	1.3	0.5
MEBIOS Fe 5	3.0		50.40	14.30	3.0	3.4
COLAS	24.4		43.10	24.00	29.7	40.2
	100.0				100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.74	14.58		

CUADRO No. 31
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 8.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acond.	Flota.	
		g/l				
Molienda	Na_2SiO_3	200	molino	20		
Magnetizacion			L-4	1		
Resame I			cuba	3		
Sepn. Mag.			L-8	3		
Limpia Mag.			L-8	2.5		
Resame No-Mag.			cuba			7.9
Flota. Fe 1	NaF	100	celda	14		9.2
	H_2SO_4	14,000	celda	10		2.4
	QP-30	750	celda	7		2.4
	a. de pino	30	celda	2	3.0	2.4
Flota. Fe 2	QP-20	750	celda	5	2.5	3.0
Flota. Fe 3	H_2SO_4	1,050	celda	8		2.6
	QP-30	750	celda	5	2.0	2.6
Flota. Fe 4	QP-30	750	celda	5	1.0	3.2
Flota. Fe 5	H_2SO_4	500	celda	8		2.5
	QP-30	750	celda	5	1.0	2.5
Limpia Fe 1	S/R		celda		1.5	2.8
Limpia Fe 2	S/R		celda		2.0	5.8
Limpia Fe 3	S/R		celda		1.0	5.6
Limpia Fe 4	S/R		celda		1.0	7.0
Limpia Fe 5	S/R		celda		0.5	7.0

CUADRO No. 32
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 8

PRODUCTO	MEDIO	R.C.	LEYES (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
LAMAS 1	2.7		33.00	0.72	27.10	1.0	2.9	5.1
CONC. MAG.	28.0	3.8:1	66.00	0.04	1.20	34.0	1.6	2.2
LAMAS NO MAG.	1.7		30.60	0.52	25.60	1.0	1.3	3.1
CONC. IMP.	3.4	29.4:1	17.30	9.92	7.00	1.2	50.9	1.7
MEDIOS IMP.	9.2		36.70	2.12	15.00	6.7	29.4	10.2
LAMAS ALCALINAS	1.5		33.40	0.52	31.40	1.0	1.2	3.3
CONC. Fe 1	6.6	15.2:1	65.10	0.32	4.50	8.5	3.2	2.1
MEDIOS Fe 1	10.2		65.10	0.16	6.50	13.1	13.1	6.1
CONC. Fe 2	2.9	13.2:1	63.10	0.06	2.90	9.1	0.7	1.5
MEDIOS Fe 2	5.7		49.70	0.12	13.60	5.6	1.0	5.4
CONC. Fe 3	4.0	25.0:1	62.70	0.04	3.70	5.0	0.2	1.0
MEDIOS Fe 3	8.1		66.90	0.00	20.70	7.5	1.0	11.0
COLAS	13.6		20.40	0.20	40.60	3.5	4.1	46.5
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			50.50	9.64	14.23			

CUADRO No. 33
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 9.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acond.	Flota.	
		g/t				
Molienda	K_2SiO_3	200	molino	20		
Magnetizacion			L-4	1.7		
Deslave 1			cuba	3.5		
Sepa. Mag.			L-8	4		
Limpia Mag.			L-8	4		
Deslave No-Mag.			cuba			7.8
Flota. Esp.	NaOH	500	celda	8		9.5
	almidon caust.	100	celda	6		9.4
	acido grasso	300	celda	2		9.5
	a. de pino	30	celda	1	2.0	9.0
Deslave Alcalino			celda			8.1
Flota. Fe 1	H_2SO_4	500	celda	4		6.7
	acido grasso	300	celda	2		6.9
	a. de pino	30	celda	1	2.0	6.9
Flota. Fe 2	H_2SO_4	250	celda	4		6.6
	acido grasso	300	celda	2	2	6.9
Flota. Fe 3	H_2SO_4	250	celda	4		6.4
	acido grasso	300	celda	2	1.5	6.7
Limpia Esp.	NaOH	275	celda	6		9.5
	almidon caust.	100	celda	4	1.0	9.7
Limpia Fe 1	K_2SiO_3	100	celda	3		8.1
	H_2SO_4	100	celda	2	1.0	7.5
Limpia Fe 2	H_2SO_4	225	celda	3		6.6
	K_2SiO_3	100	celda	2	1.0	7.6
Limpia Fe 3	H_2SO_4	100	celda	3		6.9
	K_2SiO_3	100	celda	2	0.5	7.4

CUADRO No. 34
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 9

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S (%)			DISTRIBUCION (%)		
			Fe	P	SiO ₂	Fe	P	SiO ₂
LAMAS 1	5.9		34.60	0.80	25.60	4.1	8.0	19.7
CONC. MAG.	25.6	3.5:1	65.10	0.10	0.01	33.3	4.4	0.0
LAMAS NO MAG.	1.9		32.10	0.60	24.00	1.2	1.9	3.2
CONC. IMP. 1	0.3	333.3:1	19.40	7.60	8.90	0.1	3.9	0.2
MEDIOS IMP. 1	5.2		21.90	6.40	9.60	2.3	54.7	3.5
CONC. IMP. 2	0.1	1,000:1	32.40	1.60	7.60	0.1	0.3	0.2
MEDIOS IMP. 2	8.1		49.60	1.29	15.30	6.6	16.6	8.0
LAMAS ALCALINAS	1.6		27.90	6.20	34.50	0.9	0.5	3.9
CONC. Fe	25.0	4.0:1	63.60	0.10	5.20	31.4	4.3	9.2
MEDIOS 2 Fe	9.5		54.00	0.08	14.40	10.2	1.3	11.0
MEDIOS 1 Fe	6.6		45.00	0.10	23.70	5.9	1.1	11.1
COLAS	10.2		19.00	0.06	53.20	3.9	1.0	38.3
	100.0					100.0	100.0	100.0
LEY CALCULADA			56.09	0.59	14.14			

CUADRO No. 35
BALANCE METALURGICO
PRUEBA No. 10.

E T A P A	REACTIVO	CANTIDAD	LUGAR	TIEMPO (MIN.)		pH
				Acuó.	Flota.	
Molienda	Na_2SiO_3	200	celino	20		
Magnetización			L-4	1.7		
Deslime 1			cuba	3.5		
Sepn. Mag.			L-8	4.0		
Limpia Mag.			L-9	4.0		
Deslime No-Mag.			cuba			7.8
Flota. Imp. 1	NaOH	500	celda	8		9.6
	almidon caust.	100	celda	6		9.7
	ac. grasso	150	celda	2		9.6
	a. de pino	30	celda	1	1.5	9.3
Flota. Imp. 2	NaOH	150	celda	4		9.7
	ac. grasso	150	celda	2		9.7
	a. de pino	30	celda	1	1.5	9.7
Deslime Alcalino			celda			8.4
Flota. Fe	H_2SO_4	500	celda	4		6.8
	ac. grasso	300	celda	2		7.0
	a. de pino	30	celda	1	1.5	7.0
	H_2SO_4	250	celda	4		6.5
	ac. grasso	300	celda	2	1.5	6.9
	H_2SO_4	150	celda	4		6.7
	ac. grasso	300	celda	2	1.2	6.9
Limpia Imp. 1	NaOH	400	celda	7		9.7
	almidon caust.	100	celda	5		9.9
	a. de pino	50	celda	1	0.7	9.7
Limpia Imp. 2	NaOH	250	celda	6		9.5
	almidon caust.	100	celda	4	0.5	9.7
Limpia 1 Fe	H_2SO_4	250	celda	4.5		6.5
	Na_2SiO_3	100	celda	2	1.5	7.0
Limpia 2 Fe	S/R		celda		1.2	7.6

CUADRO No. 36
CONDICIONES DE OPERACION
PRUEBA No. 10.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las pruebas que componen este estudio, bajo las condiciones ya indicadas, permiten llegar a las conclusiones siguientes:

1.- Durante la fase de molienda y debido al tamaño de liberación requerido, se generó una gran cantidad de finos, lo que hizo necesaria una etapa de deslime primario, para eliminar parte de las partículas menores a 10 micrómetros (punto de corte), aprovechando que las leyes de P y sílice en este producto son elevadas (ver cuadros 7 y 8), y aunque se pierde parte de hierro, esto sirve también para evitar el problema de un consumo excesivo de reactivos en la fase de flotación.

2.- Al aumentar la intensidad de campo en la etapa de magnetización, aumenta el contenido de P en el concentrado magnético (ver cuadros 14, 15 y 16), esto puede deberse al atrapamiento de apatita en los finos aglomerados magnéticamente.

3.- La recuperación de magnetita se efectúa mejor con separación magnética que con flotación, ya que con aquella, en dos etapas (separación y limpieza magnéticas) se obtiene un concentrado que reúne las especificaciones y que además tiene un peso y una recuperación elevados, en tanto que en las pruebas de flotación de hierro sin separación magnética previa, se pierde magnetita en medios y en colas.

4.- La obtención de un concentrado de cuarzo utilizando amina como colector no dio ningún resultado positivo, ya que con el concentrado no se logró recuperar (eliminar) una cantidad significativa de cuarzo, y se observó que este se distribuye entre el concentrado de apatita y los productos de hierro obtenidos por flotación, razón por la cual se suspendió esta etapa en las pruebas de flotación y se decidió obtener un concentrado global de impurezas que contenga preferentemente a la apatita.

5.- No es conveniente limpiar el concentrado de impurezas, ya que la ley y la distribución de hierro en el mismo son bajas y no ameritan su retorno al circuito.

6.- El ácido graso utilizado (ácido oleico) es un colector

más poderoso, pero menos selectivo para los óxidos de hierro que el sulfonato de petróleo soluble en agua (quipironato 30) empleado en este estudio.

7.- Las condiciones de acidez requeridas para flotar hierro son más fácilmente alcanzadas y controladas cuando se utiliza ácido graso que cuando se utiliza sulfonato soluble.

8.- El presente estudio muestra que se puede obtener un concentrado siderúrgico comercial a partir de este terreno, ya que se logra formar un concentrado final de hierro que cumple con las especificaciones requeridas y con recuperaciones en peso y metalúrgicas mayores al 50% y al 64% respectivamente (ver cuadros 39 y 40). Alcanzando así el objetivo propuesto en la presente tesis.

PRODUCTO	PESO	R.C.	L E Y E S			DISTRIBUCION (%)		
			(%)	Fe	P	SiO ₂	Fe	P
CONC. MAG.	26.0	3.8:1	65.00	0.04	1.20	31.0	1.6	2.2
CONC. Fe 1	6.0	15.2:1	65.10	0.32	4.50	8.5	3.2	7.1
NEP. Fe 1	10.2		65.10	0.16	0.50	13.1	2.5	6.1
CONC. Fe 2	7.3	13.7:1	63.10	0.06	2.90	9.1	0.7	1.5
CONC. Fe 3	4.0	25.0:1	62.70	0.04	3.70	5.0	0.2	1.0
CONC. FINAL	54.1	1.0:1	65.10	0.10	3.40	69.7	9.2	12.9

CUADRO No. 39
FORMACION DEL CONCENTRADO
FINAL A PARTIR DE VARIOS
PRODUCTOS DE LA PRUEBA 9.

PRODUCTO	PESO	P.C.	L E Y E S			DISTRIBUCION (%)		
			(%)	Fe	P	SiO ₂	Fe	P
CONC. MAG.	25.6	3.9:1	65.10	0.10	0.01	33.3	1.4	0.0
CONC. Fe	25.0	4.0:1	63.00	0.10	5.20	31.4	4.3	9.2
CONC. FINAL	50.6	2.0:1	64.10	0.10	2.50	64.7	6.7	9.2

CUADRO No. 40
FORMACION DEL CONCENTRADO
FINAL A PARTIR DE LOS 2
CONCENTRADOS OBTENIDOS DE
LA PRUEBA 10.

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

1.- ANONIMO.

HIGH INTENSITY WET MAGNETIC
SERIES L MODEL 4 LABORATORY SEPARATOR.
ERIEZ MAGNETICS, 1977.

2.- ANONIMO.

LABORATORY MODEL L-B
WET DRUM MAGNETIC SEPARATOR.
ERIEZ MAGNETICS, 1976.

3.- FLORES, ISAAK, VELAZQUEZ.

ESTUDIO METALURGICO COMPLETO
"FINOS CERRO DE MERCADO".
CENTRO EXPERIMENTAL DEL SURESTE
COMISION DE FOMENTO MINERO, 1984.

4.- FUERSTENAU, D.W. EDITOR.

FROTH FLOTATION.

50TH. ANNIVERSARY VOLUME.

AMERICAN INSTITUTE OF MECHANICAL ENGINEERS, 1962.

CAP. 13, 17, 19.

5.- FUERSTENAU, H.C. EDITOR.

FLOTATION. A.H. GAUDIN MEMORIAL VOLUME. VOL. I-II.

AMERICAN INSTITUTE OF MECHANICAL ENGINEERS, 1976.

CAP. 5, 46, 47.

6.- GLEMBOTSKI, KLASSEM AND PLAKSIN.

FLOTATION.

PRIMARY SOURCES. N.Y., 1972.

CAP. V, VI.

7.- KELLY AND SPOTTISWOOD.

INTRODUCTION TO MINERAL PROCESSING.

WILEY AND SONS, 1982.

CAP. 14.

8.- PEGUERA, CARBONELL, ALMANZA Y GUILLEN.

RESERVAS Y UBICACION DE LOS YACIMIENTOS DE MINERAL DE
FIERRO EN MEXICO.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES, 1977.

9.- PRYOR, E.J.

MINERAL PROCESSING.

3RD. EDITION

ELSEVIER PUB. CO. LTD., 1965.

CAP. 23.

10.- STRASSBURGER, BROWN, DANCY AND STEPHENSON.

BLAST FURNACE THEORY AND PRACTICE. VOL. I.

GORDON AND BREACH. N.Y. 1969.

CAP. IV, V.

11.- SUTHERLAND AND WARK.

PRINCIPLES OF FLOTATION.

AUSTRALIAN INSTITUTE OF MINNING AND METALLURGY, 1955.

CAP. XIV.

12.- TORON VILLEGAS, LUIS.

LA INDUSTRIA SIDERURGICA PESADA DEL NORTE DE MEXICO.

BANCO DE MEXICO, 1963

CAP. 3.