

JORNADAS DE INFORMACIÓN SOBRE BENEFICIO DE MINERALES

San Juan, 1966

CONCENTRACIÓN DEL HIERRO DEL HORIZONTE FERRÍFERO DE ZAPLA

Andrés Giordana^o



—○—

^o Jefe del laboratorio de concentración de minerales del Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Tucumán, San Salvador de Jujuy, Argentina.-

RESUMEN

Referencias de la creciente importancia de la cuenca ferrífera de Zapla, debido a nuevos descubrimientos / del mismo horizonte ferrífero en las Provincias de Salta y / Jujuy.

La primera parte del trabajo describe los ensayos de preconcentración mecánica de las menas brutas de las minas "9 de Octubre" y Puesto Viejo de Altos Hornos Zapla, en sustitución del actual proceso de escogido a mano.

La segunda parte describe el programa de ensayos y los primeros resultados conseguidos en el estudio de // concentración de dos muestras de mineral de hierro, de la misma cuenca ferrífera, provenientes del muestreo de los nuevos / afloramientos descubiertos en las zonas de Santa Bárbara (San Pedro de Jujuy) y Unchimé (Güemes).

Todos los ensayos se realizaron en el Instituto de Geología y Minería de Jujuy.

--0--





Según los conocimientos actuales, las provincias de Salta y Jujuy encierran el más extenso yacimiento de hierro de la República Argentina; se trata del horizonte ferrífero de Zapla: el primer descubrimiento de Zapla y Puesto Viejo dió lugar a las minas "9 de Octubre" y "Puesto Viejo" respectivamente, que desde 1943 están alimentando a los Altos Hornos de Palpalá; posteriormente se descubrió la zona de Unchimé (Güemes), que en este año proporcionará el mineral a los Altos Hornos de Güemes (en Camposanto); y últimamente ha sido descubierta la prolongación del mismo horizonte en las serranías de Santa Bárbara, según los últimos estudios realizados por iniciativa del Instituto de Geología y Minería de Jujuy bajo la dirección del Dr. Enrique C. Rayces; para mayores detalles sobre este último hallazgo véase el trabajo del Dr. Rayces: "El yacimiento de // hierro de la sierra de Santa Bárbara", tomo I. de las Segundas Jornadas Geológicas Argentinas, de Acta Geológica Lilloana", // 1965. Desde la mitad del año pasado el Instituto Nacional de Geología y Minería está realizando trabajos de reconocimiento y evaluación sobre las prospecciones de este yacimiento en las zonas de Santa Bárbara, y Unchimé; y en otras zonas más al norte de Calilegua hasta el confín con Bolivia. Según cálculos // aproximados los trabajos hechos hasta la fecha por nuestro // Instituto por cuenta de INGEMI en las zonas de Santa Bárbara // y Unchimé han puesto en evidencia una reserva de mineral de // hierro del orden de 50 millones de toneladas. Y todavía quedan para muestrear muchos kilómetros del horizonte sedimentario ferrífero; y probablemente muchos más para ser descubiertos. Por mala suerte se trata de un mineral ferrífero de baja ley y de difícil concentración, a veces de igual calidad y a veces de calidad inferior del mineral actualmente explotado en las minas "9 de Octubre" y "Puesto Viejo" de Fabricaciones Militares, que abastecen los Altos Hornos de Palpalá.

En calidad de jefe del laboratorio de concentra-

//...ción de minerales del Instituto de Geología y Minería de Jujuy, he tenido que ocuparme en dos oportunidades del problema de concentración de estos minerales: 1º) una primera vez por encargo de Altos Hornos Zapla, para estudiar la concentrabilidad de los minerales extraídos en sus minas, entre // los límites granulométricos requeridos por el alto horno, es decir con una trituración bajo 38 mm y nada más; 2º) y una segunda vez, la actual, por encargo del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEMI), para estudiar en forma integral el problema de concentración de los minerales provenientes // del muestreo sistemático de los nuevos afloramientos en curso de estudio en las zonas de Santa Bárbara y Unchimé.

El primer trabajo para Altos Hornos Zapla ha sido terminado y vertido en siete informes parciales; mientras que el segundo trabajo para INGEMI se encuentra en fase de desarrollo.

Ilustraré brevemente como ha sido realizado / el primer trabajo y como se está realizando el segundo.

Los minerales de hierro en cuestión, sea que provengan de las minas "9 de Octubre" y "Puesto Viejo", sea / que sean el resultado del muestreo de los afloramientos en estudio en Santa Bárbara y Unchimé, son de origen sedimentario / y pertenecen a una misma cuenca ferrífera de una misma edad / geológica (silúrico) y presentan algunos caracteres comunes, / que son principalmente:

- 1º) se trata de una lutita ferrífera cementada por soluciones silico-ferríferas hidratadas.
- 2º) Los principales constituyentes mineralógicos son siempre: óxidos de hierro (hematita) y silicatos de hierro (leptocloritas) y cloritas) cuarzo y calcedonia (sílice hidratada) mica blanca y accesorios.

La diversificación entre las menas de esta misma cuenca ferrífera proviene de variaciones en los valores de / los caracteres comunes antedichos, como ser: 1) tamaño de los //

//..granos de la arenisca o lutita; 2º) cantidad y naturaleza del cemento, más silicático o más ferrífero; 3º) proporción cuantitativa de los constituyentes, pudiendo por ejemplo variar / la cantidad de clorita y la proporción entre óxidos y silicatos de hierro; 4º) pudiendo variar además del tamaño y cantidad de los granos de hierro, la forma y estructura de los mismos, como ser: si ovoidales o cilindroides o prismáticos; si colíticos con o sin núcleo de cuarzo u otro mineral, si colíticos con o sin alternancia de silicatos y óxidos, y otras variaciones más.

Siendo esta la composición del mineral en estudio, es evidente que no se puede concentrar los minerales de // hierro presentes en la mena, sin realizar previamente una molienda adecuada, menor de 0,2 o de 0,1 mm o más fina todavía, // según la fineza de la arenisca tratada y según el grado de concentración que se desee conseguir.

Altos Hornos Zapla, en sus minas "9 de Octubre" y "Puesto Viejo", se limita unicamente a efectuar un escogido de mano sobre el mineral bruto oportunamente zarandeado, tirando al desmonte la fracción menor 40 - 30 mm por no ser económicamente apta para un escogido a mano. Como resultado del escogido a mano tiene dos productos: un producto pobre, constituido por pedazos de caja, lentes y partimientos pobres intercalados en la formación sedimentaria, que tiran al desmonte; y un producto rico que tritura a menos 38 mm para satisfacer exigencias granulométricas del alto horno; por la misma razón, de este producto se separa con un tamizado la fracción menor de 8 // mm, que va al sintering. La figura 1, presenta el esquema de / esta operación.

Los estudios hechos en el Instituto para Altos Hornos Zapla han sido los siguientes:

1º) concentrabilidad de las fracciones menor 40 mm actualmente tiradas al desmonte en las dos minas, como no aptas para un es

//..cogido de mano.

2º) concentrabilidad del actual material de cabeza de la planta de sintering.

Ambos estudios fueron hechos sin modificar la granulometría de las muestras entregadas, buscándose posibles soluciones idóneas para aumentar la recuperación del mineral / de hierro, pero susceptibles de ser insertadas en el actual ciclo de trabajo, sin necesitar ampliaciones de la planta de sintering, ni nuevas máquinas de trituración o molienda; es decir con un gasto de inversión el menor posible.

Después, por iniciativa de este Instituto, se extendió este mismo estudio a muestras de mineral bruto de las dos minas, ensayando un método de concentración mecánico, aplicable a todo el bruto de la mina, capaz de sustituir el actual método de escogido de mano. Estos últimos ensayos se efectuaron por separado sobre muestras de 500 kilos de mineral bruto / de ambas minas, "9 de Octubre" y "Puesto Viejo".

En todos los estudios mencionados la concentración se hizo por gravedad, empleando el proceso de las suspensiones pesadas, "H.M.S.", en máquinas estáticas para las clases gruesas, y en ciclones para las clases finas.

Cada muestra fué triturada bajo 38 mm. y zarandeada con tamices 4 - 14 - 100 mallas; la clase +4 fué concentrada con un clasificador Dorr, de rastrillos, oportunamente / modificado, empleando como medio pesado una mezcla agua-galena (molido bajo 300 mallas) de peso específico 3,3. Las clases +14 y +100 mallas fueron concentradas en un ciclón de 9 cm de diámetro, en medio denso agua-galena, de peso específico 2,8 alimentado por medio de bomba, en circuito cerrado. La correspondiente planta industrial tendría que funcionar según el esquema de la Figura 2.-

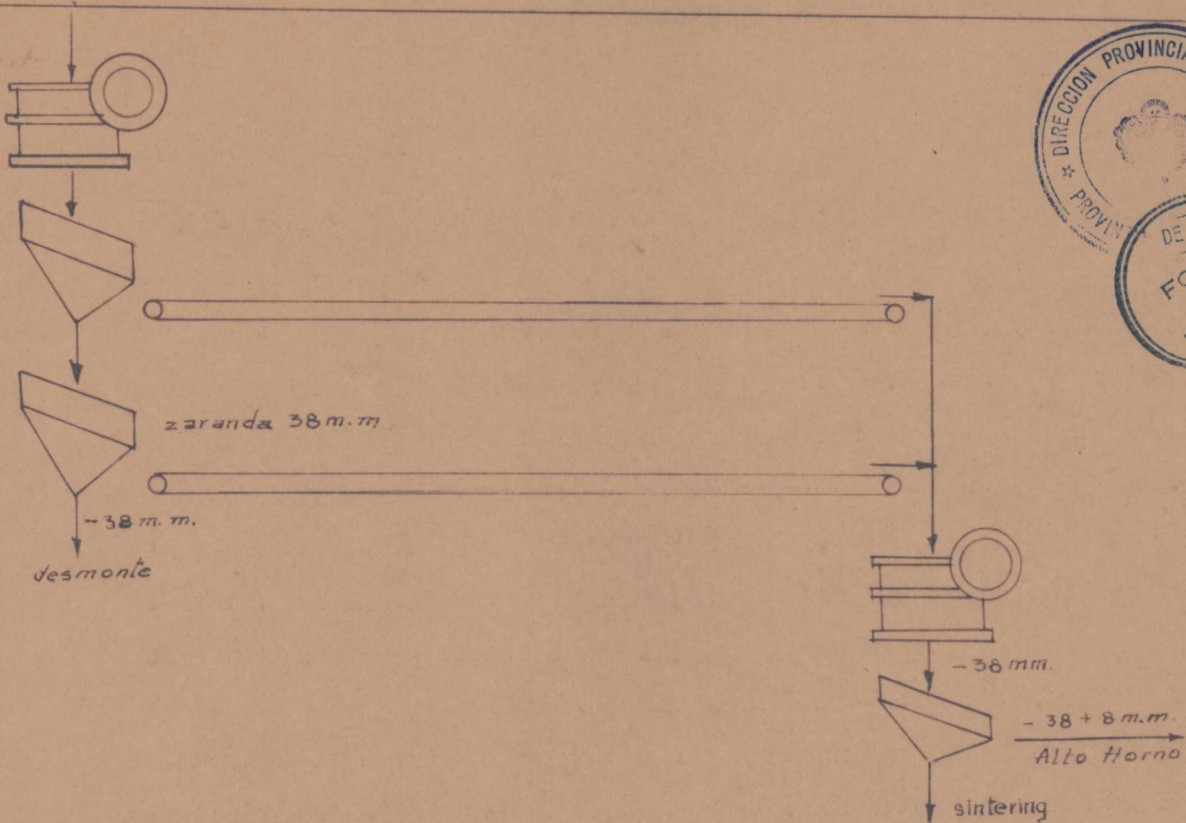
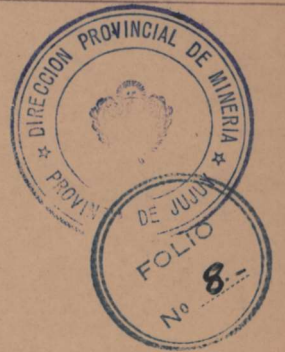


FIG 1 - ESQUEMA DE CONCENTRACION POR ESCOGIDO A MANO

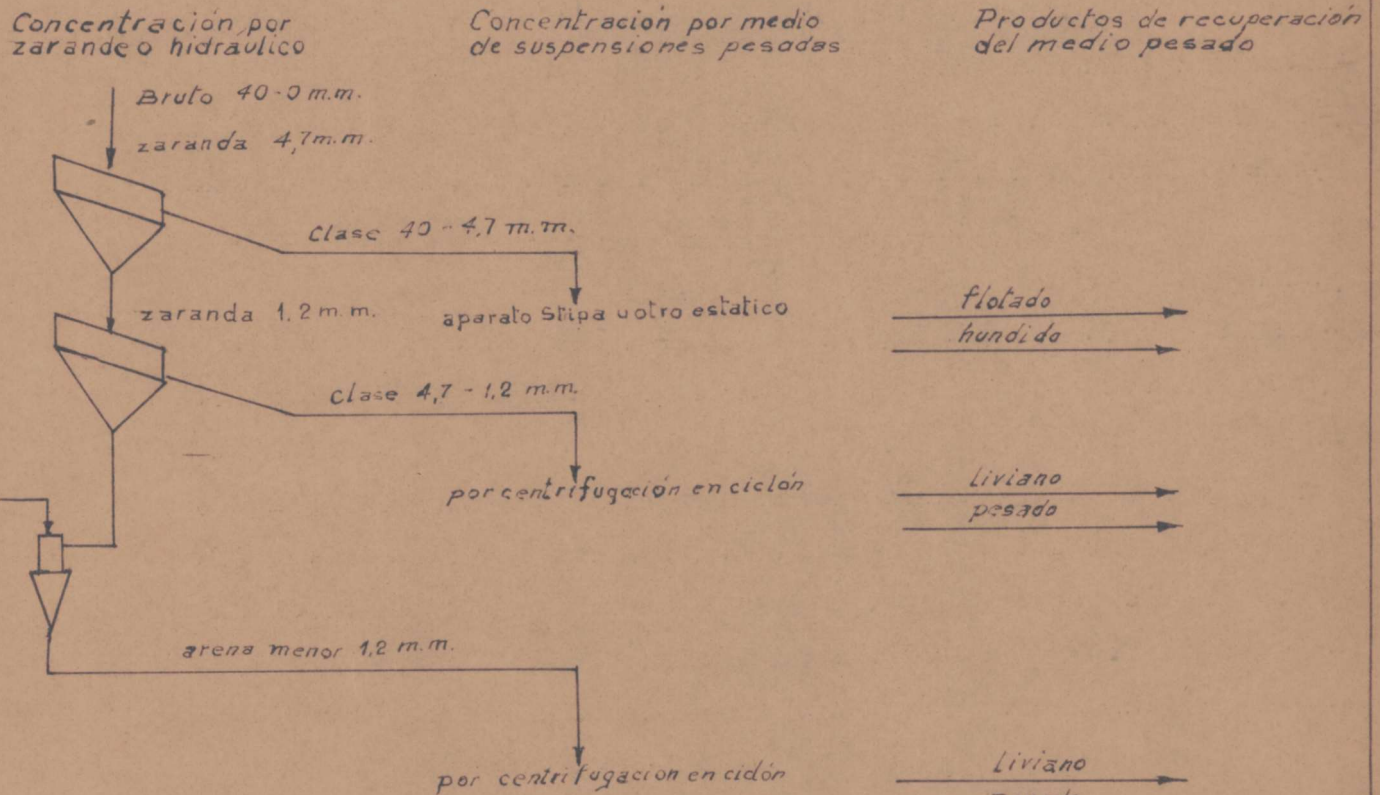


FIG2 - DIAGRAMA DE LA CONCENTRACION MECANICA DEL BRUTO MENOR 40 m.m. DE LA MINA "9 DE OCTUBRE" DE ALTOS HORNOS ZAPLA.-

Este esquema corresponde a la serie de operaciones hechas en laboratorio, con excepción únicamente de la clasificación hidráulica por medio de ciclón, en lugar del tamizado con malla 100.

Las tablas I y II sintetizan los resultados metalúrgicos obtenidos en laboratorio sobre los minerales brutos de "9 de Octubre" y "Puesto Viejo": (% referidos al total de la muestra).-

Tabla I - Puesto Viejo: resultados de la concentración clase / por clase.

Clase	Cabezas			Concentrados			Colas		
	pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe%	pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe%	Pesos %	Ley Fe%	Distr. Fe%
+ 4	73,7	38,8	78,8	48,6	46,7	62,6	25,1	23,4	16,2
+ 14	6,2	37,1	6,4	3,4	48,6	4,6	2,8	23,5	1,8
+100	10,3	31,5	9,-	2,9	52,6	4,2	7,4	23,3	4,8
-100	9,8	21,5	5,8	sin concentrar			9,8	21,5	5,8
Sumas	100,-	36,2	100,-	54,9	47,1	71,4	45,1	23,-	28,6

Tabla II - "9 de Octubre": concentración bruto, clase por clase.

Clase	Cabezas			Concentrados			Colas		
	pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	pesos %	Ley Fe%	Distr. Fe %
+ 4	86,6	42,2	87,4	65,4	49,1	77,-	21,2	20,4	10,4
+ 14	4,9	40,2	4,7	3,5	48,6	4,1	1,4	18,-	0,6
+100	5,3	40,1	5,1	3,4	51,3	4,1	1,9	20,7	1,-
-100	3,2	36,5	2,8	sin concentrar			3,2	36,5	2,8
Sumas	100,-	41,8	100,-	72,3	49,2	85,2	27,7	20,3	14,8

Estos resultados tienen que ser confrontados con los resulta-/

//..dos del escogido de mano.

La tabla que sigue confronta ambos resultados:

Tabla III - Puesto Viejo - Paralelo entre escogido de mano y // suspensiones pesadas.

Productos	Escogido de mano			Suspensiones pesadas		
	Pesos %	Ley Fe %	Distrib. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %
Concentrado	70,-	40,-	77.3	54.9	47.1	71.4
Cola (comprendida clase no tratada)	30,-	27.3	22.7	45.1	23,-	28.6
Cabeza	100,-	36,2	100,-	100,-	36,2	100,-

Tabla IV - "9 de Octubre" - Paralelo entre escogido de mano y suspensiones pesadas.-

Productos	Escogido de mano			Suspensiones pesadas		
	Pesos %	Ley Fe %	Distrib. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Distrib. Fe %
Concentrado	70,-	47,-	78.7	72.3	49.2	85.2
Cola (comprendida clase no tratada)	30,-	29.6	21.3	27.7	20.3	14.8
Cabeza	100,-	41.8	100,-	100,-	41,8	100,-

De este paralelo resulta evidente que para el bruto de Puesto Viejo la diferencia entre los resultados de los dos procesos de concentración es mucho mayor que para el bruto de "9 de Octubre": para Puesto Viejo el proceso mecánico aumenta de siete unidades la ley del concentrado, de 40,-% a 47,1 %; / mientras que para la mina de Zapla el aumento es de sólo dos /

//..unidades, de 47,- a 49,2 %. Este distinto comportamiento es debido a dos razones:

- 1º) En la mena de Puesto Viejo el mineral pobre es menos diferenciado, (causa: poca diferencia de color) del mineral rico, // en la mena de Zapla la caja presenta un color gris verdoso oscuro; mientras que en Puesto Viejo caja y mineral de hierro son ambos de color marrón.
 - 2º) En la mena de Puesto Viejo la trituración bajo 38 mm. libera una mayor cantidad de mineral pobre que en la mena de Zapla.-
- Hacemos notar que los datos que figuran en los balances metalúrgicos del escogido a mano son solamente aproximados, dado que en las plantas respectivas no se lleva un control de las cantidades en juego.

La Figura 3, muestra el clasificador Dorr de dos rastrillos empleado como aparato de Sink & Float en los ensayos de laboratorio sobre la clase +4 mallas (38 -4,7 mm). Las modificaciones aportadas a la máquina han sido las siguientes:

- 1º) substituir las paletas de hierro de los rastrillos con paletas de tela y caucho de cubiertas de camión;
- 2º) agregar un sistema de paletas con movimiento alternativo de vaivén, para determinar el rebalse del producto flotado en el punto normal de salida del "overflow" del clasificador; este sistema de paletas está accionado por el mismo movimiento de los rastrillos.

La uniformidad del medio pesado queda garantizado por la agitación de los dos sistemas de rastrillos y por la acción de una bomba de diafragma que recircula el medio pesado que ha rebalsado junto con el producto flotado.

El valor más apropiado del peso específico del medio pesado a emplearse para cada mineral en este aparato fué determinado con un estudio teórico de la distribución del mineral (pedazos de mineral) en función del peso específico. Este

//..estudio se hace generalmente por medio de líquidos pesados; pero por tratarse de una granulometría gruesa (de 38 a 4,7 mm), habría sido necesario emplear grandes cantidades de // líquidos muy costosos que no teníamos; se superó la dificultad determinando manualmente el peso específico de todos // los pedazos de mineral (uno por uno, unos 1300 pedazos) presentes en una muestra representativa del mineral en estudio. Por ejemplo para la clase 38 - 4,7 mm de Puesto Viejo se operó en la siguiente forma: se zarandeó una muestra de esta // clase con los tamices 5/8 y 1/2 pulgadas, obteniéndose:

Tabla V.- Puesto Viejo - Tamizado de una muestra de la clase + 4 mallas.-

Fracción +	5/8 pulgadas	gramos	16.470,-	por ciento	67,6
"	+ 1/2 pulgadas	"	2.625,-	" "	10,8
"	+ 4 mallas	"	5.260,-	" "	21,6
Sumas		"	24.355,-	" "	100,-

De estas tres fracciones, las dos primeras se se paran a mano con pesadas directas de cada pedazo, y la última se separa con líquidos pesados.

Sumando después con el cálculo los resultados / de estas tres fracciones, se construye la curva de lavabilidad relativa a toda la clase +4 mallas.

Fracción + 5/8 pulgadas:

De la fracción + 5/8" se determinó manualmente / el peso específico de n. 748 pedazos por pesada directa en el aire y en el agua; los pedazos así determinados fueron reunidos en grupos de igual peso específico, con intervalo de un décimo de unidad por cada grupo; de cada grupo se anotó el peso en gramos y se determinó la ley de hierro y de fósforo. La ta-

//...bla que sigue presenta los resultados de estas determinaciones (los grupos con mayor número de pedazos fueron divididos en // subgrupos que fueron analizados por separado a los efectos de conocer la posible variación de las leyes de hierro y fósforo entre los pedazos de un mismo grupo).

Tabla VI - Fracción + 5/8" - Determinación manual del peso específico.

Grupo peso Espec.	Nº de pedazos	PESOS			LEY FE %		LEY P %	
		grs.	Porcien- tos par- ciales.	Porcien- tos Acu- mulativ.	media	Extre- mos varia- ción.	Media	Extre- mos va- ria-// ción.
2,4	8	107,1	0,7	0,7	12,-	8,2/16,4	0,29	0,2/0,36
2,5	34	565,1	3,8	4,5	12,6	8,1/15,9	0,39	0,01/0,77
2,6	58	920,7	6,2	10,7	14,3	9,8/17,6	0,62	0,12/1,02
2,7	36	505,02	3,4	14,1	19,9	18,7/23,7	0,72	0,55/1,03
2,8	46	676,7	4,5	18,6	22,9	21,-/25,7	0,80	0,48/1,5
2,9	33	586,2	3,9	22,5	25,5	22,8/27,6	0,83	0,40/1,07
3,-	37	648,9	4,4	26,9	31,5	29,1/34,6	0,70	0,48/1,13
3,1	27	668,1	4,5	31,4	32,7	32,-/33,9	0,77	0,67/0,97
3,2	27	723,05	4,9	36,3	37,9	34,2/39,6	0,74	0,36/1,01
3,3	42	852,25	5,7	42,-	41,2	36,3/43,3	0,66	0,47/0,75
3,4	64	1597,15	10,7	52,7	45,3	44,-/47,2	0,50	0,37/0,64
3,5	122	2892,45	19,4	72,1	48,1	45,6/49,9	0,62	0,35/0,81
3,6	108	2316,20	15,6	87,7	51,8	45,7/54,-	0,70	0,30/0,90
3,7	57	1015,25	6,8	94,5	52,9	51,-/54,-	0,67	0,47/1,02
3,8	32	527,70	3,6	98,1	53,9	51,7/55,4	0,60	0,45/0,68
3,9	11	181,8	1,2	99,3	50,9	50,8/51,-	0,67	0,66/0,70
4,0	2	42,6	0,3	99,6	55,4	---	0,44	---
4,1	2	33,1	0,2	99,8	51,2	---	1,24	---
4,2	---	---	---	---	---	---	---	---
4,3	1	2,35	---	---	54,3	---	0,54	---
4,4	1	23,6	0,2	100,-	58,6	---	0,23	---
Me- dias y sumas	748	14885,32	100,-		40,00		0,66	

Fracción + 1/2":

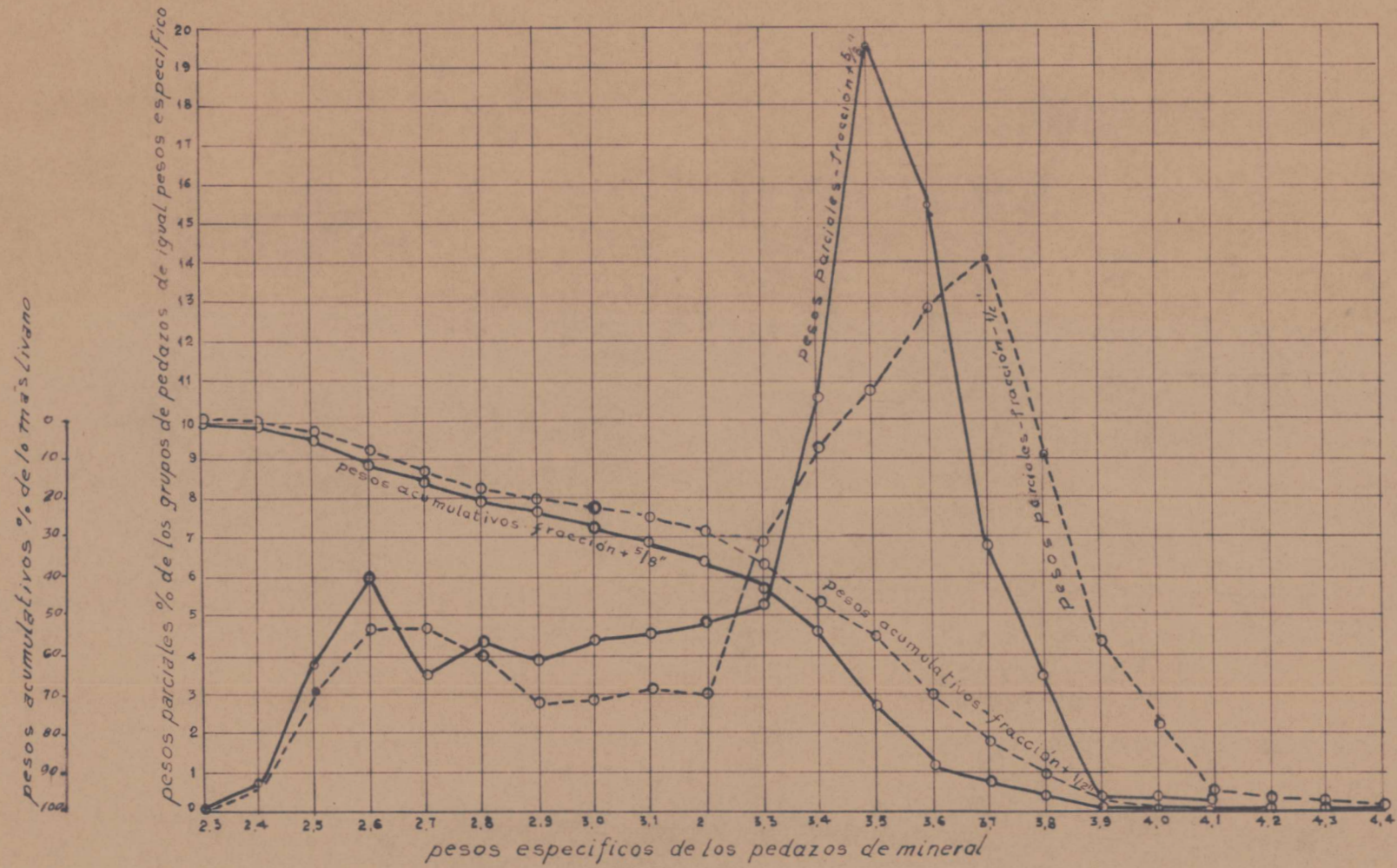
Se operó en forma análoga a la fracción anterior, determinándose manualmente el peso específico de n. 550 pedazos de mineral: datos que están reunidos en la tabla que sigue.

Tabla VII - Fracción + 1/2" - Determinación manual del peso específico.

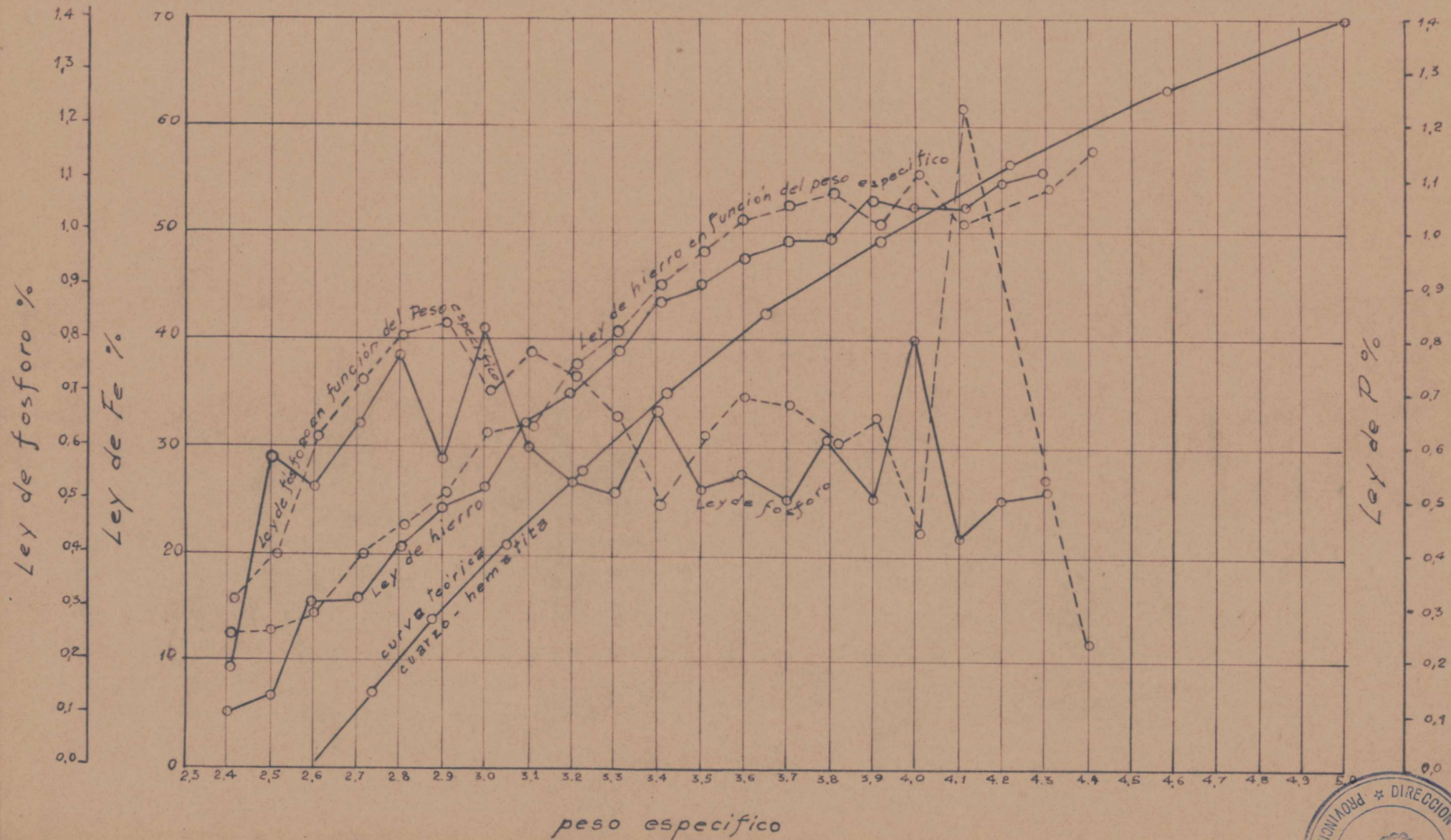
Grupo Peso Espec.	Nº de peda- zos.	PESOS			LEY FE %		LEY P %	
		gramos	Porcien- tos par- ciales.	Porcien- tos Acu- mulativ	Media	Extremos variación	media	extremos variación
2,4	5	18,-	0,7	0,7	5,5	---	0,19	---
2,5	20	83,-	3,2	3,9	7,1	4,9/11,8	0,58	0,54/0,60
2,6	30	121,8	4,7	8,6	14,8	11,4/17,3	0,53	0,24/0,74
2,7	30	119,82	4,7	13,3	15,5	13,5/17,8	0,65	0,46/0,73
2,8	26	105,10	4,1	17,4	20,5	18,3/22,4	0,76	0,55/1,02
2,9	16	69,40	2,7	20,1	23,7	23,2/24,-	0,57	0,43/0,81
3,-	18	75,70	2,9	23,-	26,5	21,6/30,5	0,82	0,44/1,59
3,1	16	81,5	3,2	26,2	32,9	29,7/35,3	0,61	0,59/0,63
3,2	18	78,3	3,-	29,2	35,2	33,-/38,4	0,54	0,36/0,67
3,3	37	174,6	6,8	36,0	39,1	37,2/41,6	0,51	0,44/0,57
3,4	46	238,2	9,3	45,3	43,-	40,4/45,8	0,67	0,47/0,68
3,5	57	277,2	10,8	56,1	45,3	42,9/47,1	0,53	0,51/0,54
3,6	64	330,-	12,9	69,-	47,7	44,9/48,6	0,55	0,48/0,62
3,7	72	365,6	14,2	83,2	48,6	42,-/50,6	0,49	0,32/0,04
3,8	47	237,-	9,2	92,4	49,1	48,1/51,2	0,61	0,45/0,72
3,9	26	113,3	4,4	96,8	52,6	51,1/54,8	0,49	0,45/0,51
4,-	14	58,7	2,3	99,1	51,9	50,9/52,5	0,80	0,6 /1,14
4,1	4	10,3	0,4	99,5	52,-	---	0,42	---
4,2	2	7,-	0,24	00,74	54,8	---	0,49	---
4,3	2	7,7	0,26	100,-	55,2	---	0,51	---
Sumas y Me- dias	550	2572,22	100,-		39,16		0,58	

Con los datos de las dos últimas tablas han sido trazados los diagramas de las figuras 4 y 5; en cada figura se encuentran sobrepuestas las curvas correspondientes de ambas fracciones +5/8 y +1/2 pulgadas.

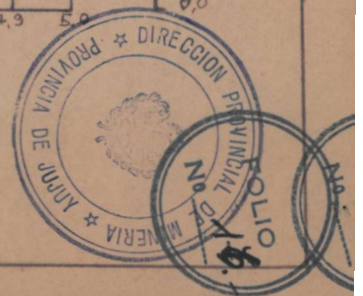
Los diagramas de la Figura 4 ilustran la distribución de los pedazos de mineral de las dos clases + 5/8 y + 1/2" en función del peso específico; están las curvas de los pesos parciales y las curvas de los pesos acumulativos. Observando las curvas de los pesos parciales se nota:



FRACCION + 5/8"
 FRACCION + 1/2"
 FIG-4- A.H.Z MINERAL BRUTO PUESTO VIEJO. -



FLG:5 - A.H.Z - MINERAL BRUTO "PUERTO VIEJO" - FRACCIÓN + 1/2" (16-12 m.m)
 A.H.Z - MINERAL BRUTO "PUERTO VIEJO" - FRACCIÓN + 5/8" (40-16 m.m)



1°) en la zona de los pesos específicos de 2,8 a 3,2 los valores de la clase + 1/2" son menores que los valores de la clase +5/8"; es decir menor cantidad de mixtos.

2°) la curva de la clase + 1/2" se extiende más a la derecha, abarcando un mayor campo del peso específico que la curva de la otra clase. Estas diferencias entre las dos clases son un índice de la mayor liberación observable en la clase más fina + 1/2".

Los diagramas de la Figura 5 presentan la variación de las leyes de hierro y fósforo en función del peso específico de los pedazos de mineral en las dos clases. En las líneas del hierro de ambas clases se observan dos trechos rectilíneos de distinta pendiente: 1) el trecho correspondiente al intervalo 2,5 - 3,6 del peso específico en el cual la ley de hierro crece linealmente con el peso específico según el gradiente 3,6 puntos de hierro cada décimo de aumento del peso específico; 2) el trecho correspondiente al intervalo 3,6 - 4,4 del peso específico, en el cual el aumento del hierro es de sólo 0,85 puntos de hierro por cada décimo de aumento del peso específico.

Se piensa que la causa de la diferencia de gradiente entre los dos trechos pueda ser debido a diferencias en el tipo de mezcla o asociación de minerales y cemento en la mena en estudio según el grado de concentración en hierro del mismo. Nuestro departamento de microscopía está estudiando el problema y confiamos poder dar una explicación más adelante.

Si prolongamos hacia la derecha la recta que corresponde al segundo trecho mencionado, ésta corta la vertical del peso específico 5 en un punto que corresponde a una ley de hierro de 63%; esto puede significar que en la mezcla hematita-cuarzo-cloritas, de la roca sedimentaria en estudio, el término hematita no corresponde a una hematita cristalográficamente pura, sino a una impura, resultado de la cristalización de geles.

//..Por referencia en la misma figura aparece también la curva teórica correspondiente a una mezcla hipotética sin intersticios de proporciones variables (de 0 a 100%) de cuarzo puro (peso / específico 2,6) y hematita pura (5,-).

Como resultado de este estudio, observando los diagramas parciales de la Figura 4, se eligió 3,3 como valor / del peso específico de la suspensión pesada agua-galena para / el ensayo de concentración sobre la clase +4 mallas. Probable- mente en una planta industrial convendría trabajar con un va- / lor un poco más bajo como 3,2 para tener una menor fluctuación en los pesos de los dos productos de la separación, causa ine- / vitables variaciones del peso específico del medio denso duran- / te el funcionamiento de la planta.

Puesto Viejo - Curva de lavabilidad de la clase +4 mallas.

Recordamos que la clase +4 mallas fue dividida en las tres fracciones +5/8", +1/2" y +4 mallas (ver Tabla V); cada fracción fue estudiada por separado, las dos primeras con pesadas directas, la última con líquidos pesados; sumando en / forma ponderada con el cálculo los resultados de estas tres // fracciones, se consiguieron los datos de la tabla que sigue, // con los cuales han sido trazadas las curvas de la Figura 6.

Tabla VIII - Puesto Viejo - Clase +4 mallas - Datos para curva de lavabilidad.

Fraccio- nes flo- tadas en	Pesos parciales			Flotados acumu- lativos.			Hundidos acumu- mulativos.		
	Pesos %	Ley Fe %	Distrib. Fe %	Pesos %	Ley Fe%	Distrib. Fe %	Pesos %	Ley Fe%	Dist. Fe G
en 2,4	---	---	---	---	---	---	100,-	39,1	100,-
en 2,86	19,3	15,6	7,7	19,3	15,6	7,7	80,7	44,7	92,3
en 3,-	7,5	27,7	5,3	26,8	19,-	13,-	73,2	46,5	87,-
en 3,3	13,7	36,9	12,9	40,5	25,-	25,9	59,5	48,7	74,1
en 4,5	59,5	48,7	74,1	100,-	39,1	100,-	--	--	--
Sumas	100,-	39,1	100,-						

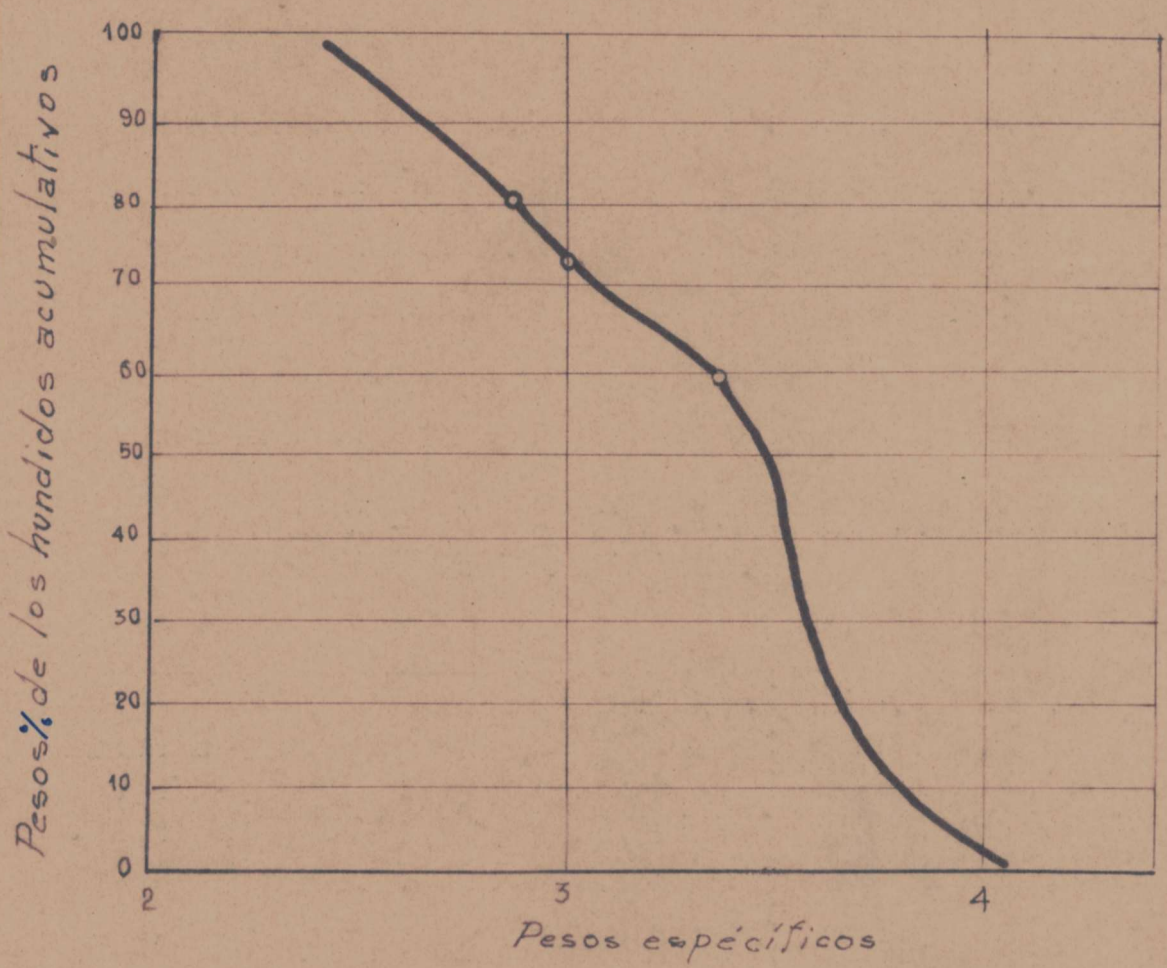
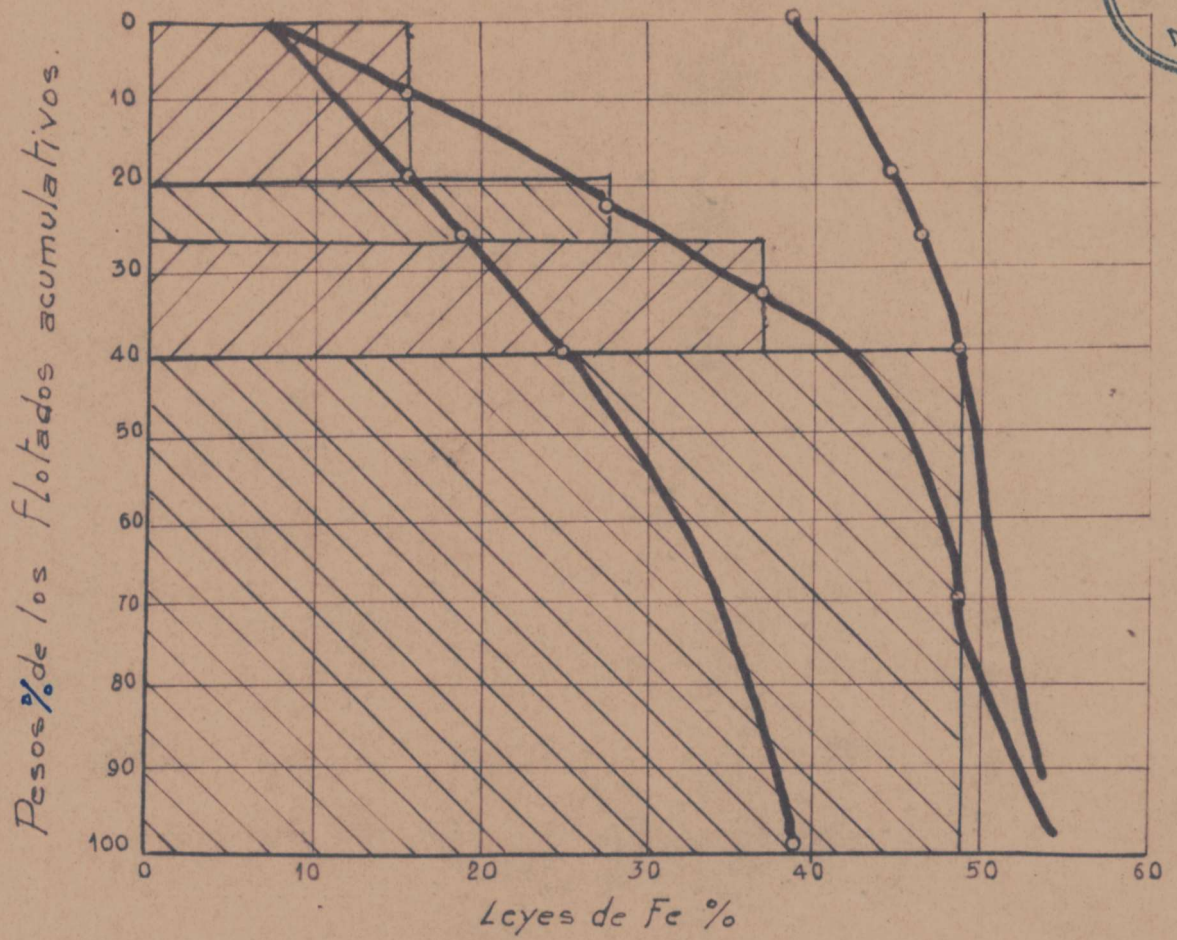


Fig.-6- A.H.Z. Mineral bruto "Puesto Viejo" - Clase + 4 mallas (40 - 4.7 m.m. - Curvas de Lavabilidad.-

La curva de lavabilidad proporciona los resultados técnicos alcanzables en una operación de concentración por gravedad sobre la clase considerada, en el caso de un funcionamiento perfecto, y en función del peso específico adoptado, si se trabaja con medios densos. Por ejemplo, en este caso, trabajando con peso específico 3,3, el resultado teórico sería un concentrado que pesa 59,5% con ley de Fe 48,7% y recuperación 74,1%; mientras que ensayo de laboratorio hecho sobre la clase +4 mallas obtuvo un concentrado con peso 66,-%; ley Fe 46,7% y recuperación 79,5%.

Además la forma de la curva de lavabilidad indica a primera vista que se trata de un mineral de difícil concentración, por la poca diferencia de peso específico entre mineral pobre y mineral rico, y por la presencia de términos mixtos que dan lugar al trecho rectilíneo de la curva de lavabilidad en la zona de los pobres.

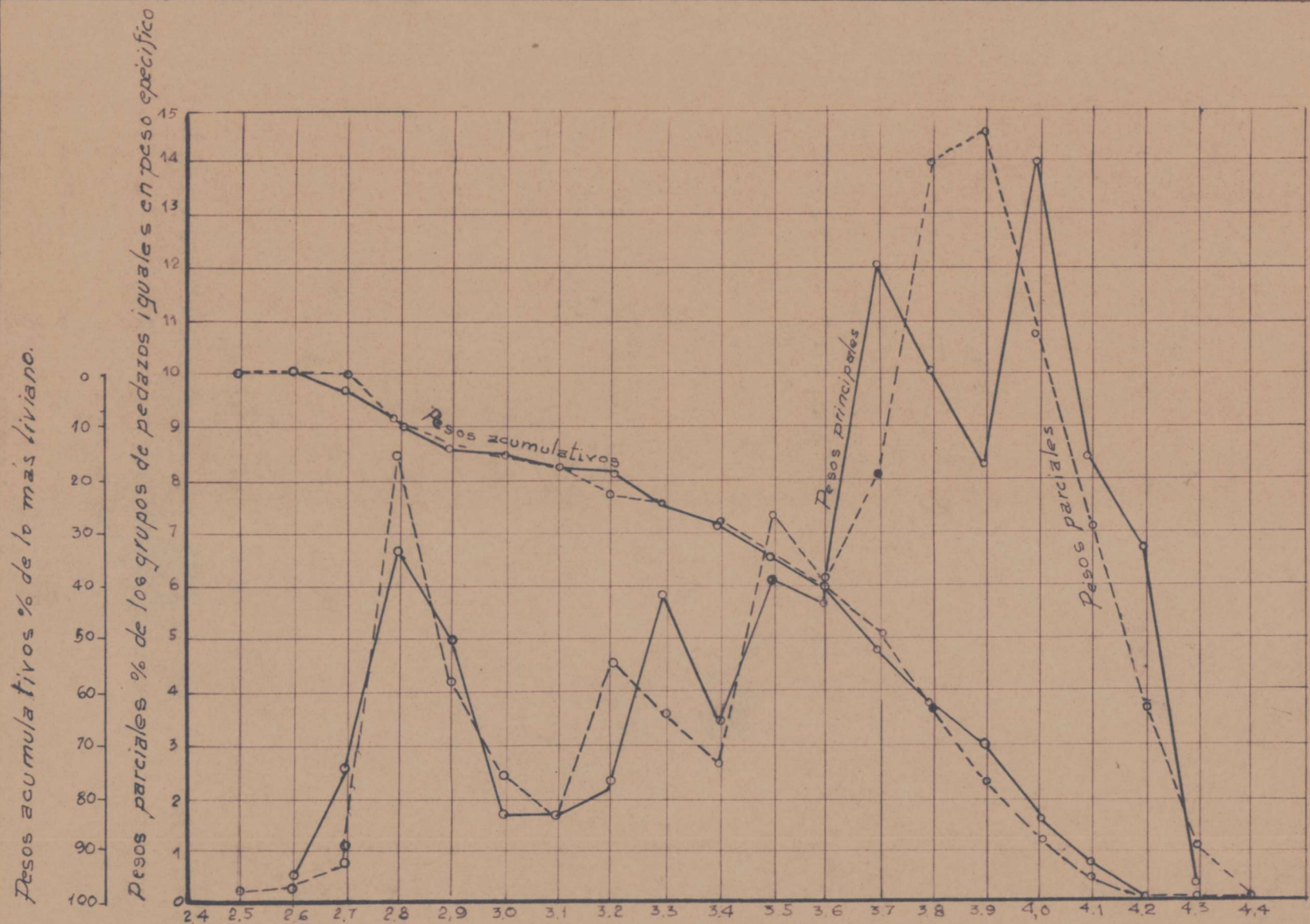
Mineral de "9 de Octubre" (Zapla)

En forma análoga a la descrita para Puesto Viejo, fué estudiado también el mineral de Zapla, obteniéndose para las fracciones +5/8" y +1/2 los diagramas de la Figura 7. Confrontando esta figura con la 4 de Puesto Viejo se nota: 1°) que para este mineral no hay mayor liberación pasando de la fracción +1/2"; 2°) que se dispone de un mayor intervalo de peso específico entre el mineral pobre y el mineral rico; y 3°) que es menor la cantidad de mixtos en el intervalo de peso específico 3-3,2. Se trata por lo tanto de un mineral de más fácil concentrabilidad que el de Puesto Viejo. Según este estudio teórico, la separación de la clase +4 mallas con un medio denso de peso específico 3,3 tendría que dar un producto hundido o concentrado que pesa 74,5% con la ley Fe 49,3% y recuperación 87,-%; mientras que el resultado del ensayo de laboratorio fué un producto hundido que pesa 69,-% ley de Fe 49,1% y recuperación 80,4%.

//..Concentración de las clases finas en ciclón.

Las clases finas de ambos minerales, como ya se ha dicho, fueron concentradas en un ciclón de 9 cm. de diámetro, en medio denso agua-galena de peso específico 2,8. La Figura 8 ilustra esquemáticamente el circuito del ciclón; cuyo funcionamiento es el siguiente: la bomba centrífuga hace circular en forma continua la pulpa (medio denso agua-galena más mineral en estudio) en el circuito cerrado: ciclón, recipiente que recibe los productos del ciclón, bomba. Mientras que se cumple esta circulación continua, el operador regula oportunamente la sección de salida del céntrico del ciclón ("underflow") el número de revoluciones de la bomba y la cantidad de mineral presente en la pulpa, hasta dar con una separación satisfactoria, que juzga a ojo. Terminada la puesta a punto del aparato, a partir de un mismo instante, se procede a recoger en recipientes separados los dos productos del ciclón. Después de algunos segundos, cuando el nivel de la pulpa en el recipiente que alimenta la bomba haya bajado, y casi en el mismo instante en que la bomba empezaría a succionar aire, se abre el tanque auxiliar que contiene únicamente medio pesado (sin mineral) del mismo peso específico que está circulando, con el objeto de no interrumpir el funcionamiento de la bomba por entrada de aire en la misma, hasta terminar con la alimentación de todo el mineral al ciclón. Se llega con este artificio, que hemos ideado, a separar en dos productos por medio del ciclón la totalidad de la muestra colocada en el circuito, evitando errores, 1º) por diferencias entre los tiempos de recolección de los dos productos, 2º) por segregación de los minerales de la mena según su peso específico, dentro del recipiente, antes de ser succionado por la bomba.

Por ejemplo, los resultados conseguidos sobre las clases + 14 y + 100 de la mena de Zapla han sido los siguientes:



Pesos específicos

A.H.Z. - MINERAL BRUTO "9 DE OCTUBRE FRACCION + 1/2" (16-12 m.m.) ———

A.H.Z. - MINERAL BRUTO "9 DE OCTUBRE FRACCION + 5/8" (38-16 m.m.) - - - -

FIG. 7.- DISTRIBUCION DE LOS TROZOS DE MINERAL SEGUN PESO ESPECIFICO.-

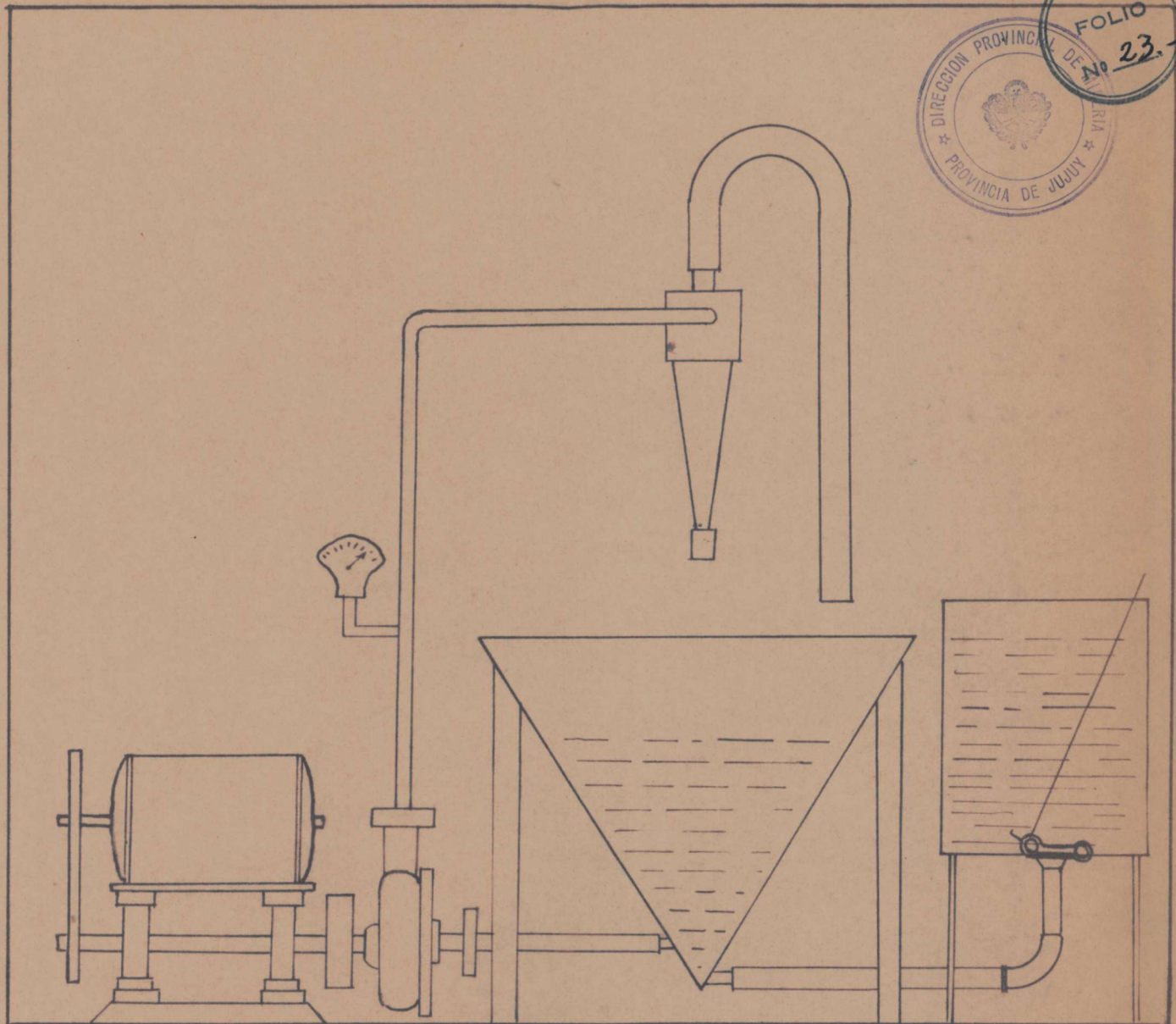


FIG 8- CIRCUITO DEL CICLON.-

Tabla IX - "9 de Octubre" - Clase +14: ensayo en ciclón con medio pesado.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distrib. Fe%
Concentrado	71,2	48,6	3460,32	87,-
Cola	28,8	18,-	518,40	13,-
Cabeza calculada	100,-	39,8	3978,72	100,-

Tabla X - "9 de Octubre" - Clase +100: ensayo en ciclón con medio pesado.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distrib. Fe%
Concentrado	63,8	51,3	3272,94	81,3
Cola	36,2	20,7	749,34	18,7
Cabeza calculada.	100,-	40,2	4022,28	100,-

Tabla XI - Puesto Viejo - Clase 14: ensayo en ciclón con medio pesado.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distrib. Fe%
Concentrado	54,2	48,6	2634,12	71,-
Cola	45,8	23,5	1076,30	29,-
Cabeza calculada	100,-	37,1	3710,42	100,-

Puesto Viejo - Clase + 100

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distrib. Fe%
Concentrado	28,-	52,6	1472,8	46,7
Cola	72,0	23,3	1677,6	53,3
Cabeza calculada.	100,-	31,5	3150,4	100,-

Estudio de las muestras de los nuevos afloramientos de Santa Bárbara y Unchimé por encargo de INGEMI.-

Este estudio se encuentra actualmente en desarrollo; se ha terminado con los ensayos de preconcentración, y se sigue con el estudio de la verdadera concentración.

Los ensayos de preconcentración se han hecho en la misma forma descrita para "9 de Octubre" y Puesto Viejo, y por lo tanto damos únicamente los resultados finales, / sin ilustrarlos.

Muestra de Santa Bárbara: kg. 744.-

Esta muestra es el resultado del muestreo de n.124 trincheras hechas sobre el manto ferrífero, de potencia variable de un mínimo de 0,40 m a un máximo de 8,60 m / con una potencia media de 2,60 m.

Ley de hierro del común: 32,2% Fe.

Los resultados de los ensayos de preconcentración están reunidos en la tabla siguiente:

Tabla XII - Santa Bárbara - Resultados de la preconcentración

Clase	Cabezas			Concentrados			Colas		
	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Dist Fe %
+ 4	93,3	32,4	94,1	53,8	36,8	61,5	39,5	26,6	32,6
+ 14	4,5	28,4	4,0	2,6	36,2	2,8	1,9	20,5	1,2
+ 100	1,5	30,4	1,4	0,8	37,3	0,9	0,7	22,0	0,5
- 100	0,7	21,1	0,5	Sin concentrar			0,7	21,1	0,5
Sumas	100,0	32,1	100,0	57,2		65,2	42,8		34,8

En esta tabla las leyes de hierro tienen un valor íntegro, valedero también en el caso de una planta industrial; mientras que los pesos y las distribuciones de hierro

difícilmente podrían ser reproducidos en una planta industrial, causa la distribución granulométrica de la cabeza, resultado // de muestreo sobre frente de trincheras, y no de una tritura-// ción (contiene muy poco fino) Del exámen de esta tabla surge evidente la poca concentrabilidad de esta mena: la ley de los concentrados es baja y practicamente igual en las tres clases; la recuperación de hierro en los concentrados presenta un va-// lor muy bajo.

Muestra de Unchimé: kg. 960.-

Esta muestra es el resultado del muestreo de 278 // trincheras hechas a través del manto ferrífero, de potencia va-// riable de un mínimo de 0,61 m a un máximo de 18,40 m con una / potencia media de 3,76 m.

Ley de Fe del común: 34,0% de Fe.

Los resultados de los ensayos de preconcentración / están reunidos en la Tabla XIII; vale para esta tabla la misma observación hecha para la anterior, que los valores de las le-// yes siguen siendo valederos también en el caso de una planta // industrial, mientras que los valores de los pesos y recupera-// ciones se modificarían de acuerdo a una distinta distribución / granulométrica entre las varias clases de tamizado.

Tabla XIII - Unchimé - Resultados de los ensayos de preconcentración.

Clase	Cabezas			Concentrados			Colas		
	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Distr. Fe %
+ 4	93,2	35,5	94,1	71,2	38,2	80,2	22,0	21,4	13,9
+ 14	4,4	30,7	3,8	2,0	43,6	2,4	2,4	21,8	1,4
+ 100	2,1	32,4	1,9	0,8	48,3	1,1	1,3	23,8	0,8
+ 100	0,3	21,0	0,2	Sin concentrar			0,3	21,0	0,2
Sumas	100,0	35,1	100,0	74,0		83,7	26,0		16,3

Se trata de resultados superiores a los de la tabla anterior; la ley en hierro de los concentrados crece pasando de la clase gruesa +4 a las clases más finas +14 y +100; y la recuperación es notablemente mayor, 83,7% en lugar del valor anterior 65,2

Segunda etapa del estudio: verdadera concentración, previa molienda.

Las cabezas para este estudio son los preconcentrados de las clases +4 mallas, que figuran en las dos últimas tablas y que presentan las siguientes leyes:

Santa Bárbara	%	36,8	de Fe
Unchimé	%	38,2	de Fe

El programa de estudio para estos preconcentrados es el siguiente:

- 1º) Grado de liberación en función de la granulometría, estudiado por medio de separación con líquidos pesados.
- 2º) Estudio microscópico de cortes pulidos y transparentes.
- 3º) Separación en campo magnético de alta intensidad en función de la granulometría.
- 4º) Tostación magnetizante en ambiente reductor, en función de granulometría y otros factores como tiempo, temperatura y / composición del gas; cada prueba es seguida por la separación magnética en campo débil.
- 5º) Influencia de la forma de moler, con mayor o menor rotura de las partículas o granos de areniscas, sobre el resultado por ejemplo de la separación magnética.
- 6º) Ensayos de flotación por espuma según las siguientes modalidades:
 - a) flotación aniónica del hierro
 - b) flotación aniónica del cuarzo
 - c) flotación catiónica del cuarzo

Sumando horizontalmente los pesos de cada clase se consigue 100,-

Los resultados de la separación de cada clase han sido reunidos en una sola tabla para facilitar la confrontación: observando por ejemplo las columnas verticales de las leyes, de arriba hacia abajo, se nota que en los flotados 2,86 la ley disminuye en forma regular de 19,- a 9,8 mientras que los correspondientes pesos aumentan; igual forma de variar (más regular) presentan los valores de pesos y leyes de los flotados en 2,96. Los valores de los flotados en 3,33 se mantienen más bien constantes, sea en ley que en peso.

En los hundidos en 3,33 la ley crece de arriba hacia abajo.

En general un cambio brusco en la distribución de los pesos entre las fracciones separadas se nota pasando de la clase + 100 a la clase + 150 mallas. Con los datos de cada clase se puede trazar una curva que toma el nombre de curva de las leyes elementales; en la Figura 9 aparecen únicamente las curvas que corresponden a las clases + 35, + 200 y + 270, para que aparezca como se modifica la curva con el aumento de fineza (sin crear confusión por la sobreposición de muchas curvas). En resumen, el resultado de este estudio es que en todas las clases + 150, + 200, + 270 y + 400 se nota la presencia de tres fracciones con relativa constancia de los pesos:

- un 20 % de flotado acumulativo en 2,96
- un 50 % de flotado parcial en 3,33
- un 30 % de hundido parcial en 3,33

Solo en la última clase + 400 parecería disminuir el peso del flotado en 3,33 y aumentar el peso del hundido en 3,33 (valor 42,5)

Se trata evidentemente de un mineral de difícil concentración por el elevado porcentaje del producto interme-

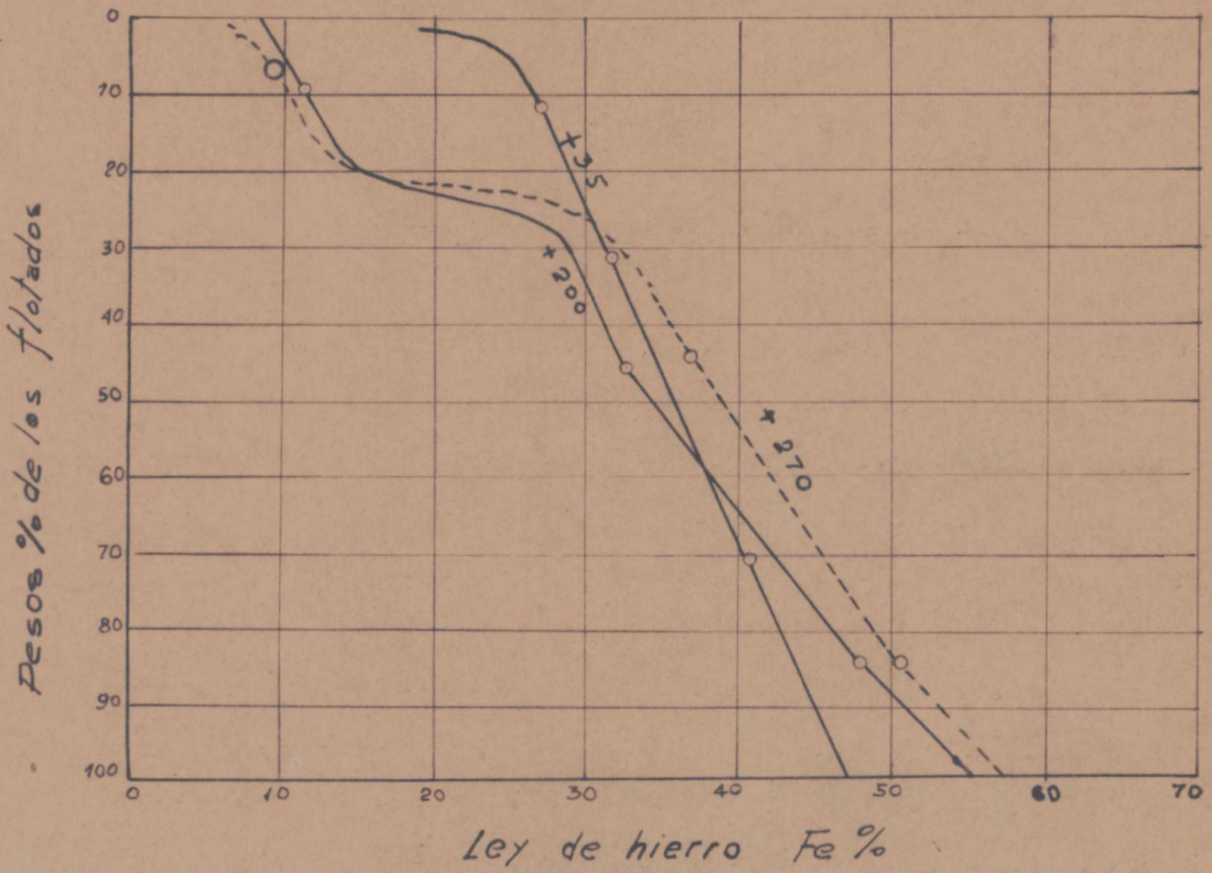


FIG-9- SANTA BARBARA
SEPARACION CON LIQUIDOS PESADOS



dio (flotado en 3,33)

Mineral de Unchimé.

Al igual que el de Santa Bárbara, se consiguieron con líquidos pesados los siguientes datos:

Tabla XV - Unchimé - Separación con líquidos pesados, clase / por clase.

Clases	Cabezas		Fr a c c i o n e s							
	Pesos %	Ley Fe %	Flotado 2,86		Flotado 2,96		Flotado 3,33		Hundido 3,33	
			Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %
+ 35	24,7	38,1	5,7	13,6	4,6	17,4	28,6	28,9	61,1	46,2
+ 48	13,5	41,6	5,9	14,5	3,7	18,6	21,5	28,7	68,9	48,4
+ 65	17,8	43,3	5,9	14,6	3,8	19,3	18,1	28,4	72,2	49,5
+ 100	15,0	42,-	11,9	15,3	4,7	19,-	20,8	29,6	62,6	52,3
+ 150	5,6	34,9	23,6	12,-	6,5	16,-	29,-	30,-	40,9	54,2
+ 200	3,6	31,4	31,7	11,3	3,6	15,6	24,8	26,5	39,9	52,6
+ 270	2,3	31,4	32,2	9,7	7,6	13,9	26,6	28,4	33,6	54,5
+ 400	3,9	29,9	35,4	9,6	6,3	11,6	22,3	27,7	36,-	53,5
+ 400	13,6	35,9	Clase no separada							
Sumas	100,-	38,4								

Observando las columnas verticales de esta tabla, pesos y leyes, se nota que: 1°) las columnas flotado 2,86 y hundido 3,33 presentan la misma forma de variar de la tabla anterior, alcanzándose leyes más altas en hierro, 54,5 entre los / hundidos, y produciéndose el aumento brusco en el peso del // flotado en 2,86 ya en la clase + 100; 2°) Ha aumentado notablemente el peso del flotado en 2,86, y ha disminuído el peso de la clase mixta o intermedia flotado en 3,33.

Se trata siempre de un mineral de difícil concentración, pero algo mejor que el anterior de Santa Bárbara. Obsérvese también la Figura 10, en la cual hemos trazado únicamente las curvas correspondientes a las clases + 35, + 100, + 270 y + 400 mallas para hacer ver como la curva se va modificando, causa la liberación entre los minerales presentes, pasando de / la clase gruesa a la más fina.

Separación magnética de alta intensidad sobre el mineral no tostado y de baja intensidad sobre mineral tostado.

Mineral de Santa Bárbara.

Sobre cada una de las clases anteriores, + 35, // + 48 etc. hasta + 400 se estudió la distribución de las partículas según la fuerza de atracción de las mismas en un campo magnético de intensidad variable; se trata de un estudio análogo / al anterior hecho con líquidos pesados; en lugar de emplear líquidos pesados se emplea un campo magnético de intensidad variable (se varía la intensidad de la corriente).

La separación en campo de alta intensidad arrojó los resultados de la Tabla XVI de la hoja siguiente:

Se deduce del examen de estos resultados que la separación magnética de alta intensidad sobre este mineral no / llega a separar en ninguna clase una fracción con ley superior a 42,5% de hierro como máximo; esto se debe a la abundancia de silicatos de hierro presentes en esta mena (leptoclorita) y a la exigua diferencia de permeabilidad magnética existente en-// tre los dos minerales de hierro, además de la mezcla entre los dos (las menas de Puesto Viejo y "9 de Octubre" al contrario // ofrecen una buena separación en campo de alta intensidad).

Para la concentración magnética de este mineral queda por lo tanto únicamente el recurso de tostación magneti-// zante en ambiente reductor y siguiente separación magnética en

Tabla XVI - Santa Bárbara - Separación magnética de alta intensidad.

Clases	Cabezas		Productos de la separación magnética							
	Pesos %	Ley Fe %	0,5 Amperes		0,6 Amperes		0,65 Amperes		Cola última	
			Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %
+ 35	21,9	37,2	50,3	38,9	27,3	37,9	20,2	36,5	2,2	25,1
+ 48	9,8	38,1	14,7	40,-	24,5	39,6	52,8	37,3	8,-	30,5
+ 65	14,4	39,2	6,4	41,2	49,1	41,1	29,5	3,4	15,-	30,8
+ 100	17,9	40,1	27,2	40,8	32,2	41,1	22,1	39,8	18,5	26,7
+ 150	8,-	35,7	26,-	41,6	28,2	41,1	23,9	35,5	21,9	16,6
+ 200	4,9	33,9	13,3	41,5	30,4	41,-	22,8	37,-	33,5	19,2
+ 270	3,1	33,3	15,2	42,5	48,-	38,7	18,8	33,9	18,-	14,4
+ 400	4,6	33,9	48,1	39,5	29,1	36,8	5,8	32,5	17,-	15,8
- 400	15,4	15,4	38,7	Clase no tratada						
Sumas	100,-	37,2								

campo débil. Para realizar este proceso se necesita poner a // punto la tostación magnetizante, en el sentido de encontrar / la modalidad de tostación (tiempo, temperatura, composición / del gas, etc.) que produzca la más eficaz concentración mag- / nética siguiente. Con este fin hemos armado el aparato de la Figura 11, en el cual efectuamos los ensayos de tostación, mi- diendo por cada ensayo la temperatura, el tiempo, el caudal, / presión y composición del gas (porcentaje de CO presente). // El gas CO se produce haciendo pasar CO₂ sobre carbón vegetal calentado a 800 - 900 °C. Un primer ensayo hecho sobre la // clase + 100, variando únicamente el tiempo, una vez 5 minutos, otra 15, y otra 30 minutos, arrojó en la separación magnética los resultados de la Tabla XVII.

Observando esta tabla se deduce lo siguiente:

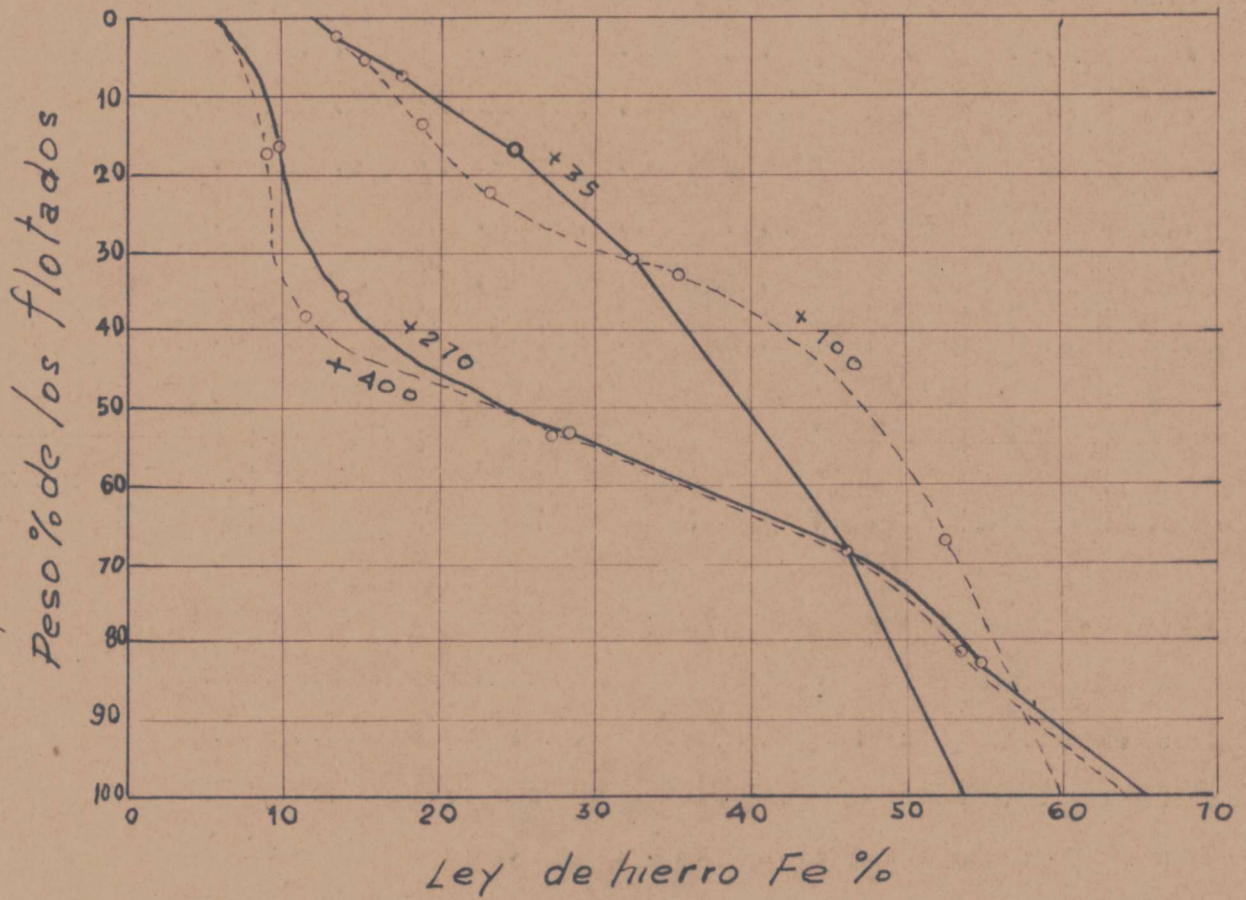


Fig-10 Unchime' - Separación con líquidos pesados

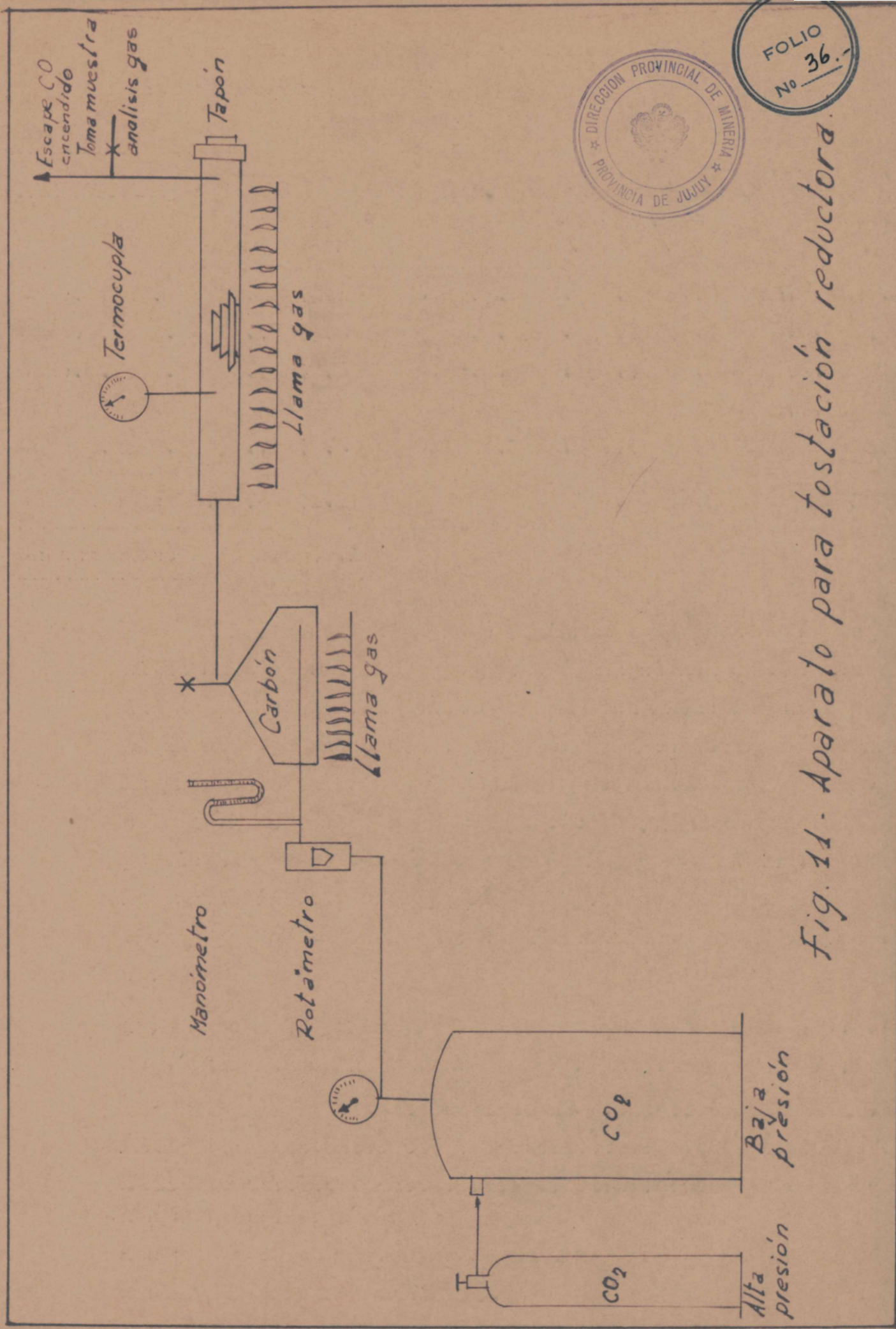
Tabla XVII-Santa Bárbara-Tostación y separación magnética de baja intensidad.

	<u>Tiempo de tostación 5 minutos</u>		<u>T.de tostación 15</u>		<u>T.de tostación 30</u>			
	Peso %	Ley Fe %	Peso %	Ley Fe %	Peso %	Ley Fe %		
Conc.0,1 A.	20,1	43,2	Conc.0,06 A.	8,8	57,1	Conc.0,08	7,6	58,4
Conc.0,15 A.	25,7	43,6	Conc.0,08 A.	34,4	49,9	Conc.0,10	32,4	55,6
Conc.0,25 A.	22,5	40,6	Conc.0,10 A.	39,4	40,9	Conc.0,12	24,8	45,-
						Conc.0,15	14,7	39,1
Cola 0,25 A.	31,7	41,6	Cola 0,1 A.	17,4	28,7	Cola	20,5	22,1
Cabeza calcula	100,-	42,2		100,-	43,3		100,-	43,9
<u>Cabeza antes de tostar 40,1</u>								

1º) con el tiempo de 5 minutos, la separación magnética sigue mala o peor que la separación magnética de alta intensidad de la Tabla XVI; pensamos que la explicación puede ser la siguiente : a causa del corto tiempo de reducción, ésta no se ha producido en profundidad sino al contrario se ha efectuado solo en la superficie de las partículas; y dado que todas las partículas presentan una costra de óxidos de Hierro, después de la tostación todas las partículas presentan una costra de magnetita y por lo tanto no quedan diferenciadas en el campo magnético.

2º) Con el tiempo de 15 minutos el resultado de la separación magnética ha mejorado notablemente, pensamos que la causa es el hecho que ahora la magnetización se ha producido en profundidad, de manera que después de la tostación las partículas de hematita quedan totalmente transformadas en magnetitas y por lo tanto tienen una masa magnética muy superior a las otras que solamente tienen una costra de magnetita (por ser granos de cuarzo o clorita / u otro mineral no ferrífero).

3º) con el tiempo de 30 minutos el resultado de la separación magnética resulta todavía algo mejor de la anterior; sin embargo la intensidad del campo magnético ha tenido que ser aumentada respec



FOLIO
 No 36.-

Fig. 11. Aparato para tostación reductora.

Como se observa en la tabla, la separación magnética de alta intensidad consigue separar una cola bastante buena en las últimas cuatro clases finas, pero el concentrado más magnético es de baja ley, 45 - 46 %.

Los primeros ensayos hechos con tostación magnetizante arrojaron los siguientes resultados:

Tabla XIX- Unchimé-Tostación y separación magnética de baja intensidad.

	Tiempo tostación 5 minutos		Tiempo tostación 15min.		Tiempo tostación 30min			
	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %	Pesos %	Ley Fe %		
Conc.0,1 A.	8,6	47,7	Conc.0,06 A.	15,-	59,7	Conc.0,08	19,1	56,2
Conc.0,15 A.	45,4	44,7	Conc.0,08 A.	43,4	53,2	Conc.0,10	31,9	54,3
Conc.0,25 A.	27,1	41,4	Conc.0,10 A.	22,9	37,4	Conc.0,12	26,5	47,6
Cola 0,25 A.	18,9	44,-	Cola 0,10 A.	18,7	21,4	Cola 0,12	21,5	21,9
Sumas	100,-	43,5		100,-	44,6		100,-	45,7
Cabeza antes tostar		42,-						

En la tabla se puede observar que con 5 minutos, como en el caso anterior, mineral de Santa Bárbara, el efecto, // sobre la separación magnética es totalmente negativo; la tostación de 15 minutos da lugar a una separación magnética mucho / más satisfactoria, muy superior a la de alta intensidad, de la tabla anterior. La separación correspondiente a 30 minutos es parecida a la de 15, pero necesita mayor intensidad del campo / magnético.

Ensayos de flotación y de desfosforación.

Hasta la fecha se han hecho algunos ensayos de // flotación únicamente según el método de flotación aniónica del cuarzo, método patrocinado, en el campo de las menas de hie-// rro, por los investigadores D.W. Frommer, R.T. Sorensen y M.N.

Fine, del Centro de Investigación Metalúrgica de "Bureau of Mines" de Minneapolis, Minnesota, U.S.A.

Los primeros resultados han sido completamente negativos. Se tiene programado ensayar también los otros métodos:

- A) - Flotación aniónica de los minerales de hierro
- B) - Flotación catiónica del cuarzo y cloritas.

Según el método A) trabajan las tres plantas // industriales que concentran minerales de hierro por flotación / en Estados Unidos U.S.A. y que son: "Republic Plant", "Humboldt Plant" y "Groveland Plant".

Este método de flotación que puede realizarse en pulpa ácida, pH 3-4, ofrecería la ventaja que permitiría al mismo tiempo, es decir durante el proceso mismo de flotación, / disminuir el contenido de fósforo presente en la mena; en efecto los primeros ensayos de lixiviación del mineral con soluciones débiles de ácido clorhídrico (pH 3, menos del medio por /// ciento) han dado los siguientes resultados; con 30 minutos de / agitación:

Santa Bárbara, clase + 35 mallas.

el 35% del fósforo pasa en solución; ley residuo 0,33% de / P Clase + 200 mallas.

el 63% del fósforo pasa en solución; ley residuo 0,19 %

Unchimé, clase + 35 mallas.

el 30% del fósforo pasa en solución; ley residuo 0,33% P Clase + 200 mallas.

el 68% del fósforo ha pasado en solución; ley residuo 0,15%

El consumo de ácido es muy bajo dada la naturaleza silicática del mineral.

Es muy interesante poder disminuir el contenido de fósforo para poder fabricar un arrabio con una ley de fós

foro menor del límite 0,3%. La conversión del arrabio al acero, cuando la ley de fósforo supera el 0,3%, tiene que ser hecha con el proceso Thomas que resulta más caro. Se trata de / primeros resultados é ideas que esperamos poder confirmar y am pliar una vez terminado este estudio.-

