

17
200



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE OPTIMIZACION
DEL AREA DE MOLIENDA EN
MINERA REAL DE ANGELES

INFORME DE LA PRACTICA
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
M E T A L U R G I C O
P R E S E N T A :
ISAIAS TRANQUILINO RIVERA MURIZ



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALSA FE CRGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

I N D I C E

	<i>Página</i>
<i>Resumen</i>	1
<i>Introducción</i>	2
<i>Objetivos</i>	4
CAPITULO 1.- Antecedentes..	
1.1.- <i>Descripción del lugar.</i>	5
1.2.- <i>Organización de la Compañía.</i>	4
1.3.- <i>El Proceso de producción.</i>	11
1.4.- <i>Antecedentes.</i>	8
CAPITULO 2.- Revisión de la Literatura.	
2.1.- <i>Conminución.</i>	
2.1.1.- <i>Teoría de Bond.</i>	17
2.1.2.- <i>Velocidades de los molinos.</i>	23
2.1.3.- <i>Selección del tamaño del medio de molienda.</i>	25
2.2.- <i>Clasificación.</i>	28
2.2.1.- <i>Componentes de un hidrociclón.</i>	30
2.2.2.- <i>Importantes variables de operación.</i>	32
2.2.3.- <i>Determinación del tamaño de separación en un ciclón.</i>	35
2.2.4.- <i>Eficiencia de clasificación.</i>	36
2.3.- <i>Transporte de pulpa.</i>	
CAPITULO 3.- Estudio preliminar.	
3.1.- <i>Indices de operación.</i>	46
3.2.- <i>Area de oportunidad.</i>	57
CAPITULO 4.- Alternativa de optimización.	
4.1.- <i>Capacidad de los molinos remoladores.</i>	58
4.2.- <i>Procedimiento de cálculo.</i>	58

4.3.- Clasificación y transporte de pulpa.	61
4.4.- Cálculo de ciclones adecuados.	65
4.5.- Propuesta para la optimización.	64
4.6.- Ventajas de la alternativa.	66
CAPITULO 5.- Modificación realizada y resultados logrados.	
5.1.- Autorización del proyecto.	67
5.2.- Modificaciones realizadas.	67
5.3.- Resultados obtenidos.	68
CAPITULO 6.- Conclusiones, bibliografía y anexos.	
6.1.- Conclusiones	83
6.2.- Bibliografía	84
6.3.- Anexos	85

RESUMEN.

Con el fin de encontrar áreas de oportunidad se realizaron varios muestreos en los circuitos de la etapa de molienda de Minera Real de Angeles. Al analizar los resultados de la operación del circuito No. 2 y determinar una baja eficiencia de clasificación en los ciclones de los molinos remoladores, surgió la inquietud de si estos molinos estaban operando a su máxima capacidad. También debido a las excesivas cavitaciones se dudó que el sistema de bombeo y clasificación fuera el adecuado.

Se procedió a calcular la capacidad teórica de molienda tomando como base la teoría de Bond y resultó que los remoladores pueden moler de 25 a 30 tph (10 tph mas de lo que venian procesando).

Posteriormente para tal capacidad se diseñó el sistema de bombeo y clasificación necesario para lograr un derrame similar al obtenido en el circuito cerrado del molino de bolas 15' x 20". Se determinó que solo es necesario operar cualquier bomba de las instaladas con una batería de tres ciclones D-15 para clasificar la carga de los tres remoladores.

Dado que una bomba podía con toda la carga se proyectó la modificación del diagrama de flujo No.1 (pág. No.44) al diagrama de flujo No. 2 (pág. No.65).

Al operar el circuito No. 2 ya modificado se logró incrementar la capacidad de molienda en 22.7 tph. se disminuyó el costo de operación desde 1.75 dls/ton a 1.55 dls/ton. se eliminó equipo no necesario. se redujeron gastos de refacciones y mantenimiento por dos bombas y dos baterías de ciclones que dejaron de operar. consecuentemente se incremento la producción de concentrados de plomo y de zinc.

INTRODUCCION.

Debido al descenso en los precios de los metales plata, plomo y zinc que Minera Real de Angeles beneficia y también al decremento de las leyes en la cabeza desde 100 g/ton a 60 g/ton de plata, 1.2 % a 0.70 % en plomo y en zinc, fue necesario determinar aquellas áreas de oportunidad que permitiera incrementar la productividad del proceso con el equipo existente.

Al inicio de operaciones (1933), el área de molienda contaba con dos circuitos de molienda compuesto cada uno por un Molino de Barras trabajando en circuito abierto y un Molino de Bolas trabajando en circuito cerrado con tres hidrociclones D-26. También se contaba con tres Molinos Remoladores de productos de Medios de Flotación de Plomo y de Zinc.

Al determinarse que no era necesario remoler los medios, los molinos remoladores fueron incorporados al circuito No.2 de molienda con el afán de utilizar su capacidad instalada en molienda primaria.

Al realizar una serie de muestreos de la operación del circuito No.2 se encontró una baja eficiencia de estos remoladores, ocasionada principalmente por una baja eficiencia de clasificación.

En base a lo anterior se proyectó una modificación al diagrama de flujo de estos molinos remoladores que permitiera incrementar la eficiencia de operación y como consecuencia aumentar la productividad del circuito No.2.

Este trabajo se centra principalmente en el circuito No.2 y presenta tres etapas principales:

- Etapa uno.- estudio preliminar de las condiciones de operación y productividad de Enero a Marzo de 1992. ahí se define el área de oportunidad.

- Etapa dos.- el proyecto de optimización de molienda en base a la teoría de Bond, clasificación y transporte de materia; ahí se indica la metodología de cálculo.

- Etapa tres.- los resultados logrados después de la modificación, evaluada de Abril a Diciembre de 1992.

OBJETIVOS.

- a).- *Utilizar la capacidad instalada de molienda primaria y secundaria en molienda primaria para incrementar la productividad.*
- b).- *Realizar un análisis económico de las alternativas de producción.*
- c).- *Disminuir los costos de Operación de la Planta de Beneficio.*

CAPITULO 1
ANTECEDENTES

1.1.- DESCRIPCION DEL LUGAR.

LOCALIZACION.

Minera Real de Angeles, S.A. de C.V. se localiza en la parte sureste del Estado de Zacatecas, en el Altiplano de Mexico. Pertenece a la Jurisdicción Municipal de Noria de Angeles, Zacatecas.

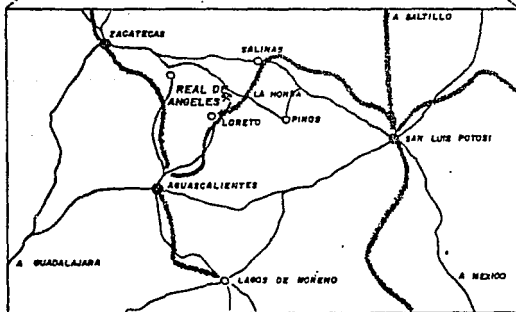
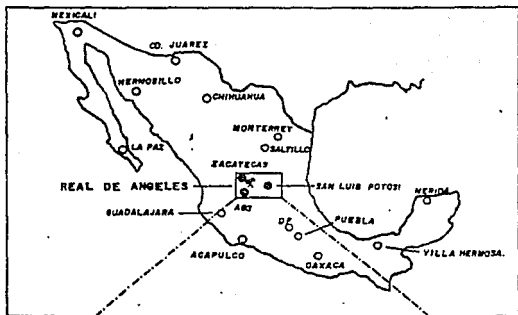
El yacimiento es una de los depósitos más grandes de Plata y metales básicos en el mundo, considerandose actualmente como el mayor productor de onzas troy de Plata.

Las coordenadas geográficas del punto donde se localiza el yacimiento son :

Latitud Norte	22 25' 02"
Latitud Oeste	101 54' 23"
Elevación S.N.M.	2,300 metros

El yacimiento tiene la forma de una chimenea, exhibe acusado basamiento hacia el suroeste y consta de mineralización argentífera en sulfuros que corta una secuencia sedimentaria de areniscas y limolitas, mostrando diversos grados de brechamiento. Como consecuencia, los límites de la mineralización económica están claramente definidos. Los minerales principales son la galena argentífera, argentita, tetrahedrita y la esfalerita de la variedad marmática. La galena es el mineral con mas alto contenido de plata. Los sulfuros de ganga son pirrotita, arsenopirita y pirita. Los

LOCALIZACION M. R. A.



minerales de ganga no metálica son cuarzo, calcita y fluorita, localmente acompañados de clorita.

VIAS DE ACCESO.

Puede tenerse acceso a la Unidad Minera via terrestre pavimentada, por las tres principales ciudades que le circundan: Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí.

Por Zacatecas, tomando las carreteras 45 y 49 pasando Las Arcinas, General Pánfilo Natera (La Blanca), Villa Gonzalez Ortega, Noria de Angeles y Unidad Real ó tomando la carretera 45 pasando por Ojo Caliente, General Pánfilo Natera, Villa González Ortega, Noria de Angeles y Unidad Real.

Por Aguascalientes, tomando la carretera 45 y 66 pasando por Cañada Onda, Villa Juárez, Loreto, San Marcos, Estación Genaro y Unidad Real.

Por San Luis Potosí, tomando la carretera 49 pasando por La Trinidad, La Pendencia, Pinos, Villa Hidalgo, Estación La Honda y Unidad Real.

También puede tenerse acceso a la Unidad Real via ferrocarril, de la ciudad de Aguascalientes a San Luis Potosí, pasando por las estaciones El Tule, Loreto, Genaro y La Honda quedando la Unidad Minera a 10 Km al oeste de dicha estación.

INFRAESTRUCTURA.

El poblado de Noria de Angeles, Zac. cuenta con una línea de energía de 13 KV. Al suroeste de dicho poblado está la subestación de energía con voltaje de 69 KV, alimentada desde la ciudad de Aguascalientes por una línea con longitud de 92 kilómetros.

CLIMA Y VEGETACION.

El clima imperante en los alrededores es un reflejo del tipo semidesértico, que predomina en mayor parte de la mesa del norte y en el Estado de Zacatecas en general. En las partes mas bajas las diferencias de temperatura entre el día y la noche son considerables, sobre todo en la época de verano, ya que en algunas partes suelen registrarse temperaturas de 38 y 40 grados centígrados durante el día y por la noche hay descenso hasta aproximadamente seis grados centígrados sobre cero o menos.

La termometría media anual oscila a los 14 grados centígrados, siendo la máxima de 36 y la mínima de -4 grados centígrados.

La vegetación que generalmente predomina en las partes bajas es la del tipo xerófito, y de mas arbustos típicos de regiones semidesérticas entre las que se pueden mencionar las siguientes: gobernadora, palma, mezquite, nopal, lechuguilla, biznaga, etc.

1.2.- ORGANIZACION DE LA COMPANIA.

ORGANIZACION POR DIRECCIONES.

En Minera Real de Angeles existe una organización en base al Sistema de Operación, con áreas y funciones específicas.

DIRECCION GENERAL.

Su objetivo fundamental es el de coordinar todas las demás áreas en cuanto a la explotación racional y eficiente del yacimiento actual, así como de los que resulten de las actividades de exploración que se lleven a cabo en otros lugares, de tal forma que se retribuya adecuadamente a los Accionistas de la Empresa y se contribuya al desarrollo del país.

DIRECCION DE LA UNIDAD MINERA.

Su objetivo es planear, organizar y controlar las actividades necesarias para cumplir con los programas de producción de la manera mas segura y productiva posible.

DIRECCION DE EVALUACION Y DESARROLLO.

Su objetivo es el de planear, organizar y controlar las actividades necesarias para aprovechar con anticipación las oportunidades de desarrollo de la Compañía. Así mismo, realizar estudios de apoyo a las demás áreas encaminados a incrementar la productividad de Minera Real de Angeles a corto, mediano y largo plazo.

DIRECCION DE ADMINISTRACION.

Su objetivo es el de planear, organizar y controlar las actividades necesarias para llevar a cabo los programas de integración, comunicación y desarrollo de los recursos Humanos de la empresa, así como de las relaciones con el Sindicato, la Comunidad y los gobiernos locales y estatales, para que se le de el apoyo a las demás áreas.

DIRECCION DE FINANZAS.

Su objetivo es de planear, organizar y controlar las actividades necesarias para asegurar que la empresa haga frente a los compromisos financieros en el corto, mediano y largo plazo, asegurar que las operaciones se registren adecuadamente, controlar las obligaciones fiscales de la empresa y obtener máximos rendimientos de los recursos financieros.

DIRECCION DE NUEVOS PROYECTOS Y EXPLORACION.

Su objetivo es el de planear, organizar y controlar las actividades que se requieren para cumplir con los programas de exploración que apoyen el crecimiento de Minera Real de Angeles, concentrando sus esfuerzos principalmente en la búsqueda de metales preciosos.

1.3.- EL PROCESO DE PRODUCCION.

MINA

La explotación se lleva a cabo en tres turnos diarios, 7 días a la semana y se realiza a Tajo Abierto, el cuál en su etapa final tendrá la forma aparentemente circular en la superficie, con un diámetro cercano a 1,000 metros y una profundidad de 480 metros.

La explotación del Tajo tiene la siguiente secuencia :

Las perforadoras eléctricas efectúan barrenos de 12 1/4" de diámetro promedio; los barrenos se cargan con explosivo que al detonar reducen la roca a un tamaño máximo de 30 pulgadas y la dejan lista para la labor de cargado.

Las palas eléctricas de 13, 15, 17 y 21 yardas cúbicas respectivamente, cargan el material a los camiones de 85, 120, 130, 190 y 195 toneladas de capacidad. El material es llevado a los diferentes destinos según su contenido de ley como: Quebradora Primaria, Stocks y Tiraderos.

ETAPA DE TRITURACION.

El mineral que llega a la Quebradora Primaria es reducido a fragmentos menores de seis pulgadas y es almacenado en pila de gruesos con capacidad viva de 30,000 toneladas.

Posteriormente por transportadores de banda pasa a la planta de trituración secundaria y Terciaria, de donde sale reducido a un tamaño de 80X menos 3/4", para ser llevado a un almacén de finos con capacidad viva de 15,000 toneladas.

PLANTA DE BENEFICIO.

El mineral triturado fino pasa a través de dos etapas de molienda: la primera en un molino de barras en circuito abierto y la segunda en un molino de bolas en circuito cerrado, para reducirse a un tamaño de partícula de 80 X menor a 310 micrómetros, y posteriormente pasar a los circuitos de flotación de plomo, donde se obtiene un concentrado con leyes de plomo de 60 X y 3,800 g/ton de plata.

Las colas de la flotación de plomo pasan al circuito de zinc, en donde se obtiene un concentrado de 48 X de zinc como mínimo. Posteriormente los concentrados son espesados y filtrados para obtener humedades embarcables. Debido a que el concentrado de plomo es muy fino, es necesario despues de filtrado, pasarlo por un horno rotatorio.

La planta trabaja los tres turnos, los siete días de la semana.

PRESA DE JALES.

Los jales ó estériles en colas en forma de pulpa son enviados a traves de una tubería de 20 pulgadas de diámetro y 5 kilómetros de longitud y son depositados en capas sucesivas en la presa, construida por la empresa con una cortina cuya longitud excede los 2.000 metros y ocupa una superficie de mas de 450 hectáreas. Dentro de la presa se encuentran instaladas, en balsas flotantes, una serie de bombas que

recuperan agua hasta un 40 % del agua de los jales, misma que es recirculada a la planta.

1.4.- ANTECEDENTES.

La operación de molienda en el circuito No.2 de Real de Angeles se lleva a cabo alimentando mineral fresco por una banda transportadora (No.19) al Molino de Rodillos. Dependiendo del índice de Trabajo, tonelaje por hora molido y las condiciones de la pulpa, el 80 % de la descarga de este molino varía en un tamaño de partícula (F/P 80) desde 1,800 a 2,500 micrómetros. La pulpa es bombeada a una batería de tres ciclones D-26 donde su producto grueso retorna al Molino de Bolas el cual descarga a un cajón común con el Molino de Rodillos; el producto fino (aproximadamente 43 % menor a 200 mallas) es transportado a la etapa de flotación (ver diag.No.1).

De la alimentación a los ciclones D-26 se deriva una línea que alimenta a los molinos remoladores vía un cajón distribuidor. Cada remolador operaba independiente de los otros dos con su propia bomba SRL 12" x 10" y su propia batería de dos ciclones de 15 pulgadas de diámetro (D-15).

Una serie de muestreos indicó que la eficiencia de clasificación en cada una de las baterías de ciclones D-15 era considerablemente baja y ello estaba limitando la productividad de los remoladores. La siguiente tabla No.1 soporta el argumento anterior.

Tabla No. 1.- Eficiencia de clasificación en ciclones D-15

Fecha de Muestreo	Ciclon D-15A	Ciclon D-15B	Ciclon D-15C
Septiembre 91	15.80	30.50	25.00
Junio 91	<10.00	<10.00	<10.00

DISEÑO ORIGINAL DEL SISTEMA DE CLASIFICACION EN MOLINOS REMOLEDORES.

El circuito de los remoladores fué originalmente diseñado para remoler medios de flotación, la tabla No.2 muestra las condiciones de operación originales.

Tabla 2.- variables originales de diseño.

Variable	Remolador 1 Bomba 136 12" x 10"	Remolador 2 Bomba 85 12" x 10"	Remolador 3 Bomba 77 12" x 10"
usgpm	2,600	2,061	2,158
Ge.sól.	3.0	3.13	3.12
Ge.Pul.	1.45	1.30	1.48
% Sol.	44	33.6	45.1
rpm	590	583	613
% efíc.	76	70	73
T.D.H.	72	70	65

Los valores mostrados son muy diferentes de los reales en la actualidad.

CAPITULO 2

REVISION
DE LA
LITERATURA

2.1.- CONMINUCION.

Debido a que la mayoría de los minerales se encuentran finamente diseminados e íntimamente asociados con la ganga, estos deben ser liberados para que su separación se lleve a cabo. Esto se conoce como conminución, en la cuál se reduca progresivamente el tamaño de las partículas de la mena hasta que las partículas libres de mineral puedan ser separadas por alguno de los métodos existentes.

La conminución en plantas de beneficio tiene lugar como una secuencia de procesos de Trituración y Molienda.

La teoría de conminución está fundamentada en la relación entre el consumo de energía y el tamaño de la partícula producido a partir de un tamaño de alimentación dado.

2.1.1.- TEORIA DE BOND.

Debido a que las teorías de Rittinger y Kick no estaban de acuerdo con los resultados de trituración y molienda comerciales. Fred C. Bond desarrolló la tercer teoría en 1951. De acuerdo a esta teoría el trabajo consumido es proporcional a la longitud de la nueva fractura producida en la partícula e igual al trabajo representado por el producto menos el representado por la alimentación. En partículas de forma similar, la longitud de la fractura es equivalente a la raíz cuadrada de un medio del área superficial y la longitud de la nueva fractura es proporcional a :

$$L = \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right]$$

Ecuación No.1.- Ley de Bond.

Para cálculos prácticos el tamaño en micrómetros en el cual pasa el 80 % es seleccionado como el criterio de tamaño de partícula. El diámetro en micrómetros en el cual pasa el 80 % del producto es designado como P, el tamaño en el cual pasa el 80 % de la alimentación es designado como F, y el trabajo consumido en kilowatt-hora por tonelada corta es W.

La ecuación básica de la tercer teoría es :

$$W = \frac{10 Wi}{P_{80}} - \frac{10 Wi}{F_{80}}$$

Ecuación Num 2.- Ley de Bond.

El índice de trabajo es el parámetro de fragmentación el cual expresa la resistencia del material a triturarse o molerse en terminos de energía. Numericamente son los kilowatt-hora por tonelada requeridos para reducir el material desde un tamaño de alimentación, teóricamente infinito, hasta que un 80 % pase los 100 micrómetros, equivalente a 67 % pasando la malla 200.

Cuando tres de las variables en la ecuación 2 (1) son conocidas, la cuarta variable puede ser encontrada despejando la ecuación. Las formas útiles son mostradas en las ecuaciones 2a y 2b (1) :

$$W_i = \frac{W}{\left[\frac{10}{\sqrt{P \ 80}} - \frac{10}{\sqrt{F \ 80}} \right]}$$

Ecuación Num. 2a Ley de Bond.

$$P = \left[\frac{10 W_i \sqrt{P \ 80}}{W \sqrt{F \ 80} + 10 W_i} \right]^2$$

Ecuación Num. 2b Ley de Bond.

La potencia determinada por la ecuación No. 2 (1) es para las siguientes condiciones específicas :

- a).- Molino de rodillos.- molienda en húmedo, operando en circuito abierto y diámetro entre lanas de 8 ft (2.44 mts).
- b).- Molino de Bolas.- molienda en húmedo, operando en circuito cerrado y diámetro interno del molino de 8 ft (2.44 mts).

c).- La potencia calculada es la necesaria en la flecha del piñón de el molino, no incluye las pérdidas en el motor ni en los componentes de transmisión tales como reductores y embragues.

Existen ocho factores aplicables (2) en el cálculo de la potencia requerida a fin de considerar las diferencias entre las condiciones de diseño con las condiciones reales de la operación :

EF1.- Se aplica cuando la molienda es efectuada en seco, la potencia necesaria es 1.3 veces mayor que la efectuada en húmedo.

EF2.- Molienda en circuito abierto. Cuando la operación de un molino de bolas se realiza en circuito abierto, la cantidad de potencia extra requerida respecto al circuito cerrado, es una función de el grado de control requerido en el producto. Los factores de ineficiencia para la molienda en circuito abierto se dan a continuación :

Control del tamaño del producto. % acum (-) de referencia.	Factor de Ineficiencia
50	1.035
60	1.05
70	1.10
80	1.20
90	1.40
92	1.46
95	1.57
98	1.70

Tabla No.3.- Factores de ineficiencia para molino de bolas operando en circuito abierto.

EF3.- Factor de eficiencia por diámetro. Puede ser calculado mediante la siguiente ecuación :

$$EF3 = \left[\frac{B}{D} \right]^{0.2}$$

Ecuación No.3.- Factor por diámetro del molino.

D es el diámetro interno del molino en pies.

Cuando se seleccionan molinos, si este factor es menor a 1.0, es despreciado.

EF4.- Sobretamaño en alimentación. Cuando el tamaño F alimentado tanto a molino de barras como a molino de bolas es mayor que el tamaño óptimo, este factor se obtiene de:

$$EF4 = \frac{Rr + (Wi-7) \left[\frac{Fao - Fo}{Fo} \right]}{Rr}$$

Ecuación No. 4 Factor por sobretamaño.

donde :

Rr = razón de reducción = F 80 / P 80

F_o = Tamaño óptimo de alimentación (micrómetros)

$$F_o = 16,000 \left[\frac{13}{W1} \right]^{0.5}$$

Ecuación No. 5.- F_o en molino de rodillos.

$$F_o = 4,000 \left[\frac{13}{W1} \right]^{0.5}$$

Ecuación No. 6.- F_o en molino de bolas.

EF5.- Factor por sobremolienda. Se aplica cuando el producto de molienda el 80 % acumulado negativo es menor a 75 micrómetros (malla 200). La ecuación para determinar este factor es :

$$EF_5 = \frac{P_{80} + 10.3}{1.145 P_{80}}$$

Ecuación No. 7.-Factor por sobremolienda.

EF6.- Factor por alta o baja razón de reducción. Se aplica en molino de rodillos cuando R_r esta fuera del rango de $R_{ro} = +2$ y $R_{ro} = -2$:

$$EF_6 = 1 + \frac{(Rr - Rr_0)^2}{150}$$

Ecuación No. 8.- Factor por alta o baja razón de reducción.

donde $Rr_0 = 8 + (5L/D)$

y

L = longitud del rodillo.

D = diámetro del molino.

EF7.- Factor por baja razón de reducción en molino de bolas. La necesidad para utilizar este factor no es muy frecuente. Aplica solo cuando la razón de reducción es menor a 6.

$$EF_7 = \frac{2(Rr - 1.35) + 026}{2(Rr - 1.35)}$$

Ecuación No. 9.- Factor por baja razón de reducción.

EF8.- Un estudio en la operación de un molino de rodillos mostró que el funcionamiento es afectado por la preparación del tamaño del mineral en la etapa de trituración. Este factor no ha sido totalmente determinado y se siguen los criterios siguientes para cuantificarlo :

a).- Es 1.4 cuando el mineral alimentado al molino de rodillos proviene de un circuito abierto de trituración.

b).- Es 1.2 cuando el mineral alimentado al molino de rodillos proviene de un circuito cerrado de trituración.

2.1.2.- VELOCIDADES DE LOS MOLINOS

Las velocidades de los molinos son referidas como un porcentaje de la velocidad crítica. la velocidad crítica es la velocidad a la cual las partículas y los medios molturadores exactamente delinearán una trayectoria alrededor de la periferia del molino. La velocidad crítica puede también ser definida como la velocidad a la cual la aceleración de las partículas, debido a la fuerza centrífuga de la rotación del molino, es igual a su aceleración debido a la gravedad.

$$N_c = \frac{76.63}{\sqrt{D}}$$

Ecuación No. 10.- Velocidad crítica de un molino.

Donde : D es el diámetro del molino entre lanas (ft).

y Nc es la velocidad crítica del molino en rpm.

La fracción de velocidad crítica para una rpm se determina con la siguiente ecuación.

$$C_s = 0.01305 N_c \sqrt{D}$$

Ecuación No.11.- Fracción de velocidad crítica.

En molinos de barras el movimiento del medio comparativamente rígido involucra una cierta cantidad de rodamiento y caída en cascada. lo cual no se parece a la acción de las bolas en un molino.

Similares acciones de barras en molinos de diámetros diferentes, pueden ocurrir al variar los porcentajes de velocidad crítica. Consecuentemente se ha experimentado que es mejor describir la velocidad de los molinos de barras por su velocidad periférica, en lugar de su porcentaje de velocidad crítica.

Los rangos de velocidades usadas en molinos de barras son generalmente menores que las velocidades seleccionadas para molinos de bolas del mismo diámetro.

La velocidad periférica, que no influye en la potencia del molino, pero es un factor a considerar en el desgaste de los revestimientos y del medio de molienda, se puede determinar por la siguiente fórmula:

$$N_p = 3.1416 D_i N_t$$

Ecuación No. 12.- Velocidad periférica.

Donde :

N_p = Velocidad periférica.

D_i = Diámetro interno del molino.

N_t = Velocidad trabajo del molino en revoluciones por minuto.

Ya que la velocidad crítica influye en la potencia demandada por el molino y la velocidad periférica incrementa el desgaste de bola y lana, es recomendable que la velocidad de trabajo sea un porcentaje de la crítica a fin de balancear las dos primeras velocidades.

2.1.3.- SELECCION DEL TAMAÑO DEL MEDIO DE MOLIENDA.

El tamaño del medio de molienda es uno de los principales factores que afectan la eficiencia y capacidad de los molinos de rodamiento de carga. Así mismo, la selección del medio es importante por que su costo es bastante significativo. Ahorros considerables son obtenidos al optimizar el uso del medio de molienda.

Los factores involucrados en la selección del medio de molienda son :

- a).- Dureza del mineral.
- b).- Tamaño de alimentación y de producto de molienda.
- c).- Densidad y nivel de pulpa dentro del molino.
- d).- Tamaño, velocidad de trabajo y velocidad de alimentación.

PARA MOLINO DE BOLAS.

A partir de las consideraciones teóricas, el tamaño apropiado B de bolas de acero o hierro fundido es encontrado de la siguiente ecuación:

$$B = \left[\frac{F}{K} \right]^{0.5} \left[\frac{Sg \ Wl}{100 \ Cs \ D} \right]$$

Ecuación No. 13.- Tamaño óptimo de bola.

Donde :

B = Diámetro adecuado de bola en pulgadas.

F = Tamaño al cuál pasa el 80 % de la alimentación en micrómetros.

K = Constante empírica. Es 350 para molienda húmeda y 335 para molienda seca.

W_i = Índice de trabajo en Kw-hr/ton corta.

S_g = Gravedad específica del mineral a moler.

C_s = Fracción de velocidad crítica.

D = Diámetro del molino entre linternas en ft.

Cuando resulta un tamaño de B menor a 2", es mas economica y operativamente mejor seleccionar un tamaño de bola mas grande.

PARA MOLINO DE BARRAS

A partir de las consideraciones teóricas, el diámetro adecuado B de barras de acero para molienda es encontrado mediante la siguiente ecuación :

$$R = \frac{F(3/4)}{160} \left[\frac{S_g W_i}{100 C_s D} \right]$$

Ecuación No. 14.- Tamaño óptimo de barras.

Donde :

R = Diámetro adecuado de barras en pulgadas.

Cuando la razón de reducción ($R_r = F/P$) es menor de 8, el valor de R deberá incrementarse por $\frac{1}{4}$ ".

DISTRIBUCION DE TAMAOS DEL MEDIO DE MOLIENDA

Ha sido determinado que una capa de metal de espesor unitario es consumido en una bola de cualquier tamaño en el mismo tiempo de molienda. Si la perdida en peso es periódicamente reemplazada con bolas de tamaño B , la carga de bolas alcanza una distribución de

tamaños a equilibrio la cual se extiende hacia el tamaño de bolas descargado por el molino. Por lo tanto, para obtener un funcionamiento consistente en molinos de molienda húmeda, la carga media inicial deberá ser conformada a partir de varios tamaños disponibles.

Esta distribución de tamaños de la carga inicial a equilibrio sigue la siguiente ecuación aplicable tanto a barras como a bolas :

$$Y = \left[\frac{X}{B} \right]^{(3/B)}$$

Ecuación No. 15.- Distribución de tamaños de la carga inicial

Donde :

Y = Es el X del total de la carga a equilibrio pasando un tamaño x.

X = Tamaño de barra o bola que integrará la distribución en pulgadas.

B = Tamaño máximo de barra o bola que inicia la distribución en pulgadas.

CALCULO DE LA CARGA DEL MEDIO DE MOLIENDA.

$$C_b = 0.2044 V S_g$$

Ecuación No. 16.- Carga adecuada de barras o bolas.

Donde :

V = volumen del molino en m³.

S_g = Peso específico del medio de molienda (7.85 para fierro).

C_b = carga de barras o bolas en toneladas.

2.2.- CLASIFICACION.

DEFINICION

La clasificación es la separación de un flujo de partículas de diferentes formas, tamaños y gravedad específica que van dentro de un fluido en dos o mas flujos; un flujo conteniendo partículas con ciertas características físicas y otro donde predominan otras características físicas.

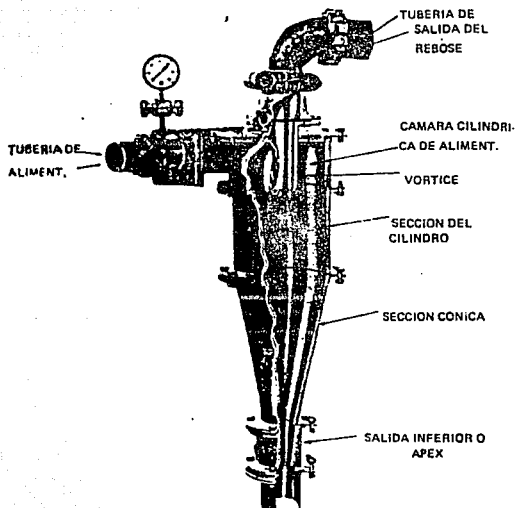
En una planta de beneficio de minerales, es necesario que el mineral se reduzca a un tamaño donde los valores minerales sean liberados de la ganga. Para este propósito existen las etapas de trituración, molienda y otra de igual importancia: la etapa de clasificación.

En la etapa de clasificación el objetivo es precisamente separar aquellas partículas de mineral que a traves de una molienda costeable hayan alcanzado el tamaño de liberación (finas) de aquellas partículas que aún no lo hayan logrado (gruesas). Las partículas gruesas permanecerán en el circuito de molienda hasta que logren su tamaño de liberación.

Para llevar a cabo la clasificación en los circuitos de molienda. Minera Real de Angeles utiliza clasificadores del tipo hidrociclón.

EL HIDROCICLON

Es un aparato de clasificación de operación continua que utiliza la fuerza centrífuga para acelerar la velocidad de asentamiento de las partículas. En este aparato se generan dos productos: un producto con

Fig. 1.- CORTE DE UN HIDROCIKLON.

bajo % de sólidos y partículas finas (derrame) y otro producto con alto % de sólidos y partículas gruesas (descarga).

Un ciclón estandar es aquel que tiene ciertas condiciones geométricas entre su diámetro, área de entrada, apex, vortex y suficientes longitud para proveer el tiempo necesario para la clasificación.

2.2.1.- COMPONENTES DE UN HIDROCICLON.

a).- TAMANO DEL CICLON.

Está dado por el diámetro interno de la cámara cilíndrica.

b).- AREA DE ENTRADA.

Normalmente es un orificio rectangular, con el lado mayor paralelo al eje del ciclón. El área de la boquilla es aproximadamente 0.05 veces el diámetro del ciclón al cuadrado. Esta área determina la velocidad de entrada, y es uno de los factores que gobierna la velocidad tangencial a diversos radios.

$$A_i = 0.05 (D_c)^2$$

Ecuación No.17.- Área de entrada de un ciclón.

Donde:

A_i es el área de entrada.

D_c es el diámetro del ciclón

c).- **VORTEX.**

Es un tubo que se extiende por debajo de la entrada de alimentación a fin de conducir a las partículas finas como producto final.

El diámetro del vortex varía de 35 a 40 % del diámetro del ciclón. A mayor vortex se obtiene un derrame mas grueso.

d).- **SECCION CILINDRICA.**

Se haya colocada entre la cámara de alimentación y la sección cónica. Su diámetro es igual al del ciclón y su función es proveer el tiempo de residencia a las partículas para su clasificación. La longitud de esta sección es igual a su diámetro. Un incremento en su longitud produce una separación mas fina

e).- **SECCION CONICA.**

Su función es extender el tiempo de residencia y el ángulo de esta varía de 10 a 20 grados. La acción del cono es comprimir los sólidos gruesos hacia el centro para obtener un producto en la descarga.

f).- **APEX.**

Es la terminación inferior de la sección cónica. el diámetro de este orificio esta en función de el flujo de pulpa que va a ser descargado y debe ser lo bastante grande para permitir que los sólidos que han sido clasificados hacia la descarga salgan sin obstruir el ciclón. El orificio tiene diámetro desde 10 % hasta 35 % del diámetro del ciclón.

La figura 2 muestra los límites aproximados del porcentaje de sólidos en el hundido por encima de los cuales se evita la descarga en soga. Altos porcentajes de sólidos en la descarga pueden ser alcanzados, sin descargar en soga, cuando el ciclón es operado con alto porcentaje de sólidos en el derrame.

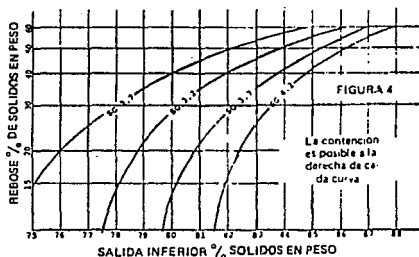


Fig. 2.- Relación en porcentaje de sólidos derrame/descarga.

2.2.2.- IMPORTANTES VARIABLES DE OPERACION.

a).- PORCENTAJE DE SÓLIDOS EN LA ALIMENTACION.

Esta variable es una medida directa de la viscosidad/densidad de la pulpa interna. La relación del tamaño de separación con el porcentaje de sólidos es referida por C_1 y determinada por la ecuación siguiente:

$$C_1 = \exp (-0.301 + 0.0945 V + 0.00356 V^2 + 0.0000684 V^3)$$

Ecuación No.18.- Constante uno.

V es el % de sólidos en volumen.

b).- PRESION DE ENTRADA.

Incrementar el rendimiento en volumen a un ciclón implica un mayor consumo de energía, como lo indica el incremento de la caída de presión desde la entrada de alimentación al reboso.

Esta energía da a la pulpa una velocidad angular, que crece dramáticamente como lo hace el flujo espiral en el interior del ciclón desde la pared hasta el centro del vortex. La velocidad crea fuerzas centrífugas que pueden ser representadas por un vector simple dirigido radialmente hacia el exterior. De la zona central, las partículas son llevadas hacia el derrame por las fuerzas de arrastre, por la mayoría de las espirales de patrón internas del volumen de alimentación. Estas fuerzas pueden ser representadas por un simple vector dirigido radialmente hacia el interior. La figura 4 muestra como los dos vectores se oponen entre ellos. El efecto neto de incrementar el volumen de flujo es obligar a las partículas gruesas a permanecer próximas a la pared y salir por la descarga.

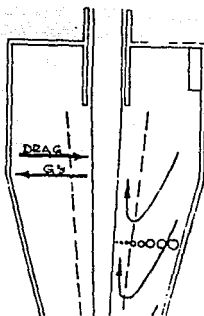


Fig. No.3.- Fuerza centrífuga y vectores de arrastre.

La influencia de la caída de presión en relación al tamaño de separación se calcula de la siguiente manera :

$$C_x = 2.0 (\Delta P)^{-0.5}$$

Ecuación No.18.- Constante 2.

donde ΔP esta dado en psi.

Si la presión de descarga es positiva, una gran proporción del volumen de la alimentación es forzada hacia la descarga, reduciendo el arrastre hacia el derrame y realizando una separación más fina.

c).- **GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS.**

La fuerza centrífuga que actúa sobre las partículas y las opone al arrastre de la corriente del derrame, depende de la masa de la partícula que esta referida a su tamaño y su densidad específica.

Por esta razón el derrame del ciclón contiene partículas finas pesadas junto con partículas gruesas ligeras. El efecto de la densidad específica de los sólidos en el agua sobre el tamaño de separación es:

$$C_3 = \sqrt{\frac{1.65}{Sg - 1}}$$

Ecuación No. 19.- Constante 3.

Sg es la gravedad específica del sólido.

2.2.3.- **DETERMINACION DEL TAMAÑO DE SEPARACION EN UN CICLON.**

Cada ciclón en función de su diámetro y bajo condiciones estandar de operación clasifica a un tamaño llamado D_{50} base, este tamaño se calcula así :

$$D_{50b} = 2.84 (D)^{0.65}$$

Ecuación No. 20.- D_{50} base.

D es el diámetro del ciclón.

Este D_{50} base es alterado por las tres variables principales de la clasificación; el porcentaje en volumen de solidos en la alimentación

al ciclón (C_1), la caída de presión en el ciclón (C_2) y la gravedad específica del mineral (C_3). Al corregir el D_{50} base con estas tres constantes se obtiene el D_{50} de aplicación real de la operación; la siguiente ecuación muestra esta corrección :

$$D_{50a} = D_{50b} C_1 C_2 C_3$$

Ecuación No.21.- D_{50} de aplicación.

DISTRIBUCION DE LOS TAMAÑOS DE ALIMENTACION.

La influencia en los cambios de distribución de los tamaños de alimentación puede ser entendida, cualitativamente, al alimentar una pulpa carente de partículas finas, el ciclón tiende a generar un derrame con partículas gruesas (separación gruesa); recíprocamente, una alimentación fina sin partículas gruesas es ventajosa para lograr un derrame con partículas finas (separación fina).

2.2.4.- EFICIENCIA DE CLASIFICACION.

Se define como el porcentaje de producto fino que sale por el derrame del ciclón referido al porcentaje de producto fino contenido en la alimentación al mismo. La ecuación utilizada para calcular este dato es la desarrollada por Gaudin (1939):

$$E = \frac{10,000 (c-f) (f-t)}{f(100-f) (c-t)}$$

Ecuación No.22.- Eficiencia de clasificación.

Donde :

$c = X$ acumulado negativo en el derrame.

$f = X$ acumulado negativo en la alimentación.

$t = X$ acumulado negativo en la descarga.

2.3.- TRANSPORTE DE PULPA.

SELECCION DE BOMBAS.

Las bombas centrífugas comunmente se emplean para manejar pulpas que alimentan a los ciclones. Se dispone de gran variedad de materiales de construcción. En bombas que alimentan pulpas a los ciclones pueden verse revestimientos de goma o de fundición aleada dura indistintamente.

Para seleccionar una bomba es necesario contar con la siguiente información:

a).- Determinar la velocidad de la pulpa y las perdidas por fricción en todo el sistema de bombeo.

b).- Determinación de la altura estática desde la línea central de la bomba hasta el derrame del ciclón.

c).- Determinar las curvas características de la bomba a diferentes velocidades y eficiencias.

SISTEMA DE CURVAS.

El trazado de esta curva se obtiene aplicando el teorema de Bernoulli desde la línea central de la bomba hasta el rebose del ciclón. La altura dinámica requerida puede determinarse por la fórmula :

$$TDH = \frac{0.78 (V_s)^2}{2g} + \frac{(V_i)^2}{2g} + \frac{2.31(P_2 - P_1)((S_g - 0.01P_f)(S_g - 1))}{S_g} + f_s L_s$$

+ $f_d L_d + h_d - h_b$.

Ecuación No. 23.- Cabeza total dinámica.

donde:

$g = 32.2$

V_s = velocidad de la pulpa en la succión de la bomba.

V_i = velocidad de la pulpa en la entrada al ciclón.

P = caída de presión a través del ciclón.

S_g = densidad específica del mineral.

pf = % de sólidos en peso en alimentación al ciclón.

f_s = pérdidas por fricción en la succión.

L_s = longitud del tubo de succión.

L_d = longitud equivalente en la línea de descarga.

v_i = velocidad de la pulpa en la entrada de alimentación al ciclón.

f_d = pérdidas por fricción en la línea de descarga desde el centro de la bomba hasta la entrada al ciclón.

h_d = altura desde el centro de la bomba hasta el derrame del ciclón.

h_b = altura vertical desde el centro de la bomba hasta el nivel de la pulpa dentro del cajón abastecedor.

La velocidad de la pulpa debe ser lo suficientemente alta para prevenir la sedimentación de las partículas gruesas de sólidos en la línea que conduce a la entrada del ciclón.

Los factores para determinar las pérdidas por fricción son determinados mediante el método de Williams y Hazen :

$$f = 0.2083 \left[\frac{100}{C} \right]^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{d^{4.8655}}$$

Ecuación No.24.- Pérdidas por fricción.

donde :

f = pérdidas por fricción por cada 100 pies de tubería.

d = diámetro interno de la tubería en pulgadas.

Q = flujo en galones por minuto (usgpm).

C = 140 para tuberías de acero; 100 para tuberías muy viejas.

La presión en el interior del ciclón se estima de la siguiente manera:

$$\Delta P = \frac{2 Q^2}{D^4}$$

Ecuación No.25.- Presión de alimentación en ciclones.

donde :

D = diámetro del ciclón en pulgadas.

ΔP en psi.

CAPITULO 3
ESTUDIO
PRELIMINAR

3.- ESTUDIO PRELIMINAR.

Los antecedentes indicaron que se podía optimizar la operación de este circuito por lo que se procedió a determinar metalúrgicamente el estado de la operación del circuito evaluado en eficiencias de clasificación, razones de reducción, índice de trabajo operacional y balance agua-pulpa.

Para tal fin se realizó un muestreo en el circuito por ocho horas de operación, se determinaron: análisis granulométrico y % de sólidos en cada muestra, consumo de kilowatts-hora en cada molino, se determinó el W_i del mineral; todos estos datos se presentan en las tablas de la No.5 a la No.16.

Por carecer de un medidor del flujo enviado hacia remoladores (Diag. No.2), se empleó un modelo estadístico para determinar el tonelaje por hora molido por un lado el molino de bolas 15"x20" y por el otro los remoladores. Los resultados de esta determinación se encuentran en la tabla No.23.

Se trabajó con un balance agua-pulpa a fin de determinar el flujo volumínico enviado a cada batería de ciclones.

PUNTOS DE MUESTREO.

Las muestras de pulpa recolectadas fueron en los siguientes puntos :

- 1.- Banda No.19.
- 2.- Descarga del molino de rodillos.
- 3.- Descarga del molino de bolas 15" x 20".
- 4.- Descarga de molino remolador 1.
- 5.- Descarga de molino remolador 2.

- 6.- Descarga de molino remolador 3.
- 7.- Descarga de ciclones D-26.
- 8.- Descarga de ciclones D-15 rem 1.
- 9.- Descarga de ciclones D-15 rem 2.
- 10.- Descarga de ciclones D-15 rem 3.
- 11.- Derrame de ciclones D-26.
- 12.- Derrame de ciclones D-15 rem 1.
- 13.- Derrame de ciclones D-15 rem 2.
- 14.- Derrame de ciclones D-15 rem 3.
- 15.- Derrame general D-15.

RESULTADOS DEL MUESTREO.

Con los análisis granulométricos de todos los flujos del circuito de molienda, se calculó: eficiencias de clasificación, F_{80} 's, P_{80} 's razones de reducción, W_i operacional y % de carga circulante. Estos resultados se muestran en las tablas 4 y 5 siguientes:

Tabla No. 4
EFICIENCIA DE CLASIFICACION

MALLA	Eficiencias de ciclones			
	D-26	D-15A	D-15B	D-15C
35	44.33	31.40	32.92	1.59
50	39.53	34.11	30.15	12.60
80	34.60	31.99	24.32	15.27
100	33.36	28.94	20.63	15.19
160	31.05	26.32	15.84	10.80
200	28.72	22.37	11.05	11.07
PROMEDIO	35.26	29.19	22.49	11.09
REMOLEDORES			20.92	

Tabla No.5.- RESULTADOS DEL CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA.

VARIABLE	MOLINOS 15' x 20' (PRIMARIOS)		MOLINOS 8' x 14' REMOLEDORES			TOTAL CIRCUITO
	RODILLOS	BOLAS	R-1	R-2	R-3	
Wi MRA (Kw-h/ton)	18.05	18.05	18.05	18.05	18.05	18.05
T.P.H.	387.7	329.6	20.6	18.2	19.4	387.7
F 80 (micrómetros)	15,095	1,630	1,209	1,289	1,289	15095
P 80 (micrómetros)	1,630	327	205	223	216	309
Razón de Reducción	9.26	4.98	6.29	5.78	5.97	48.05
HP nominal	2,750	3,250	500	500	500	7,500
Kw-hr nominal	2051	2424	373	373	373	5,593
Consumo real:						
Kw-h	1,915	2,260	315	322	309	5,121
Kw-h/ton	4.94	6.86	15.30	17.71	15.93	13.21
Wi operacional (Kw-h/ton)	29.70	22.45	36.45	45.28	39.65	27.10
Wi op/Wi MRA	1.65	1.24	2.02	2.51	2.20	1.50
% de sólidos:	79	73	67	66	66	
% de Carga Circ.		210	246	243	171	2.12
Eficiencia de clasificación: (%)		35.31	29.19	22.49	11.09	24.52

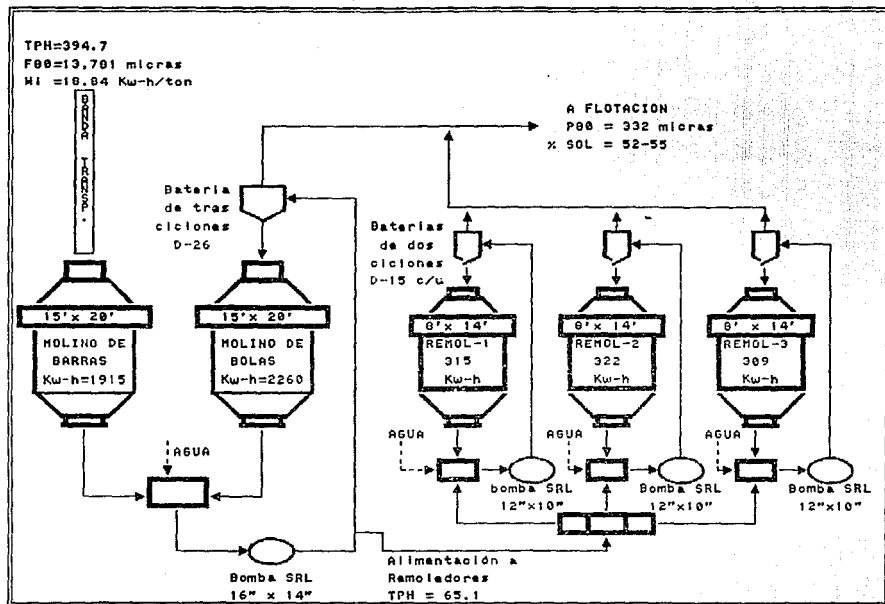
3.1.- INDICES DE OPERACION

TONELAJE POR HORA MOLIDO.

El molino de bolas muele 329.6 toneladas secas por hora, el remoledor 1 muele 20.6, 18.2 el remoledor 2 y 19.4 el remoledor 3. El ruido del acero dentro de los remoledores, la alta temperatura de la carga y la excesiva cavitación indican que estos molinos no están operando a su máxima capacidad, en cambio el molino de bolas constantemente tiene sobrecargas y no hay cavitación en su circuito cerrado.

DIAGRAMA DE FLUJO No. 1 (SIN MODIFICACION)

CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA
MINERA REAL DE ANGELES. S.A. DE C.V.



RAZON DE REDUCCION.

En molino de rodillos se reducen las partículas desde 15,095 hasta 1.630 micrómetros (9.26 de razón de reducción).

En molino de bolas se derrama un P80 de 327 micrómetros (4.98 de razón de reducción).

En remolador 1 la razón de reducción es de 6.29, 5.78 en remolador 2 y 5.97 en remolador 3.

En los circuitos de remoladores se manejan granulometrías substancialmente más finas que en los molinos de barras y bolas. El derrame es más fino en los ciclones de cada molino remolador (P 80 = 215 micrómetros promedio) comparado con el del molino de bolas (P80 = 327 micrómetros) indica que se debe incrementar el tonelaje de mineral a los primeros.

EFICIENCIA DE CLASIFICACION.

En el circuito cerrado del molino de bolas la eficiencia resulta de 35.31 % mientras que en los circuitos independientes de remoladores es muy variable 29.19, 22.49 y 11.09 %. La baja eficiencia de clasificación es posiblemente debida al inadecuado sistema de bombeo y número de ciclones en cada remolador. Originalmente este circuito fue diseñado para remoler pulpas de medios de flotación de plomo y de zinc con otro porcentaje de sólidos, sólidos con mayor gravedad específica a 2.7 y volúmenes diferentes a los que se están manejando actualmente. Lo anterior causa que la producción del circuito No.2 de molienda sea menor a la capacidad máxima.

DISTRIBUCION DE LA PULPA ENTRE LOS REMOLEDORES.

Se lleva a cabo mediante un cajón distribuidor rectangular dividido en tres secciones, cada una consta de una válvula de compuerta y el operador manualmente y a criterio aumenta o disminuye la alimentación a cada remolador. Esta operación se dificulta al apelmasarse la carga y no permitir abrir o cerrar la válvula lo que se refleja en sobrecargas y descargas de los molinos.

Wi OPERACIONAL (Kw-hr/Ton).

Esta variable se calcula tomando en cuenta el tonelaje por hora molido, el F 80 alimentado a cada molino y el P 80 descargado respectivamente así como la energía real consumida en cada equipo.

En el molino de rodillos se tiene un Wi operacional de 29.70 Kw-hr/Ton, en molino de bolas es de 22.45 Kw-hr/ton, en remoladores 1, 2 y 3 es de 36.45, 45.28 y 39.65 respectivamente.

El alto Wi operacional en los remoladores obedece al bajo tonelaje por hora molido.

ESTADISTICA ENERO-MARZO DE 1992.

La siguiente tabla muestra los valores promedios ponderados de las principales variables metalúrgicas del circuito No.2 de molienda obtenidas al monitorear su operación de Enero a Marzo de 1992.

Tabla No.6.- Resultados de operación Enero-Marzo 92.

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
TPD	9,270	9,920	7,987
TPH	394.7	418.6	376.7
Wi del mineral (Kw-hr/ton)	18.84	19.94	17.56
F 80 (micrómetros)	13,781	17,063	11,015
F/P 80 (micrómetros)	2,050	2,584	1,569
P 80 (micrómetros)	332	485	226
Rel de Red. Kw-h/ton	41.51 13.12		12.19
Energía Consumida (Kw-hr):			
Mol. de Barras	1,915	2,038	1,720
Mol de Bolas	2,260	2,354	2,129
Remol-1	315.3	343.8	298.4
Remol-2	322.3	343.8	298.4
Remol-3	309.1	337.3	246.5
Wi oper. (kw-h/ton)	27.96	34.87	22.41

MINERAL FRESCO ALIMENTADO.

Tabla No.7

GRANULOMETRIA DE ALIMENTACION AL MOLINO DE BARRAS

(T B - 1)

Malla	Peso retenido		% Acumulado (+)	% Acumulado (-)
	(grs)	(%)		
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	864	6.33	6.33	93.67
1/2"	3,146	23.04	29.37	70.63
3/8"	1,734	12.70	42.07	57.93
1/4"	1,766	12.94	55.00	45.00
M4	1,438	10.53	65.53	34.47
-M4	4,706	34.47	100.00	
Total	13,654	100.00	F 80 = 15,095 micrómetros	

Tabla No.8.- ANALISIS GRANULOMETRICO DEL CIRCUITO 2 DE MOLIENDA
(MOLINOS 15' X 20')

FLUIDOS	Desc. Rnd 2	Desc. Bokas 2	Abm. D-26	Desc. D-26	Desc. D-26	Desc. D-26	TOTAL
% SOLIDOS	79	72.7	66.7	72.7	54		53.9
F. ó P.00 (micrómetros)	1,630	707	981	1,457	327		309
MALLA		% ACUMULADO NEGATIVO					
6	97.38	99.34	98.63	97.33			
10	86.82	97.06	93.33	87.22			
16	69.27	90.39	82.69	76.83			
20	59.23	83.17	74.44	61.63	100.00		100.00
35	47.33	68.87	61.01	45.18	92.59		93.53
50	37.52	53.04	47.38	32.99	78.66		80.53
80	30.13	40.53	36.74	25.25	63.55		65.18
100	27.70	37.08	33.66	22.95	58.12		59.51
150	24.34	32.07	29.25	20.02	50.43		51.77
200	21.43	27.61	25.35	17.60	43.54		44.58
		% RETENIDO					
6	2.62	0.66	1.37	2.67			
10	10.56	2.20	5.30	10.11			
16	17.55	6.67	10.64	10.39			
20	10.04	7.22	0.25	15.21			
35	11.90	14.31	13.43	16.45	7.41		6.47
50	9.81	15.83	13.63	12.19	13.93		13.00
80	7.39	12.51	10.64	7.74	15.11		15.35
100	2.43	3.46	3.08	2.30	5.43		5.67
150	3.37	5.01	4.41	2.92	7.70		7.73
200	2.91	4.46	3.89	2.43	6.89		7.20
-200	21.43	27.61	25.35	17.60	43.54		44.58
		PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gms)					
6	9.20	1.90	4.5	8.60			
10	37.00	6.60	17.2	32.50			
16	61.50	19.30	34.6	33.40			
20	35.20	20.90	26.8	48.90			
35	41.70	41.40	43.6	52.90	18.30		15.37
50	34.40	45.80	44.3	39.20	34.40		30.89
80	25.90	36.20	34.6	24.90	37.30		36.48
100	8.50	10.00	10.0	7.40	13.40		13.49
150	11.80	14.50	14.3	9.40	19.00		18.37
200	10.20	12.90	12.7	7.80	17.00		17.10
-200	75.10	79.90	82.4	56.60	107.50		105.92
TOTAL	350.50	289.40	325.0	321.60	246.90		237.61

Tabla No.9.- ANALISIS GRANULOMETRICO DEL CIRCUITO 2 DE MOIENDA
(MOLINOS 8' X 14')

FLUJOS	Alm.		Descarga de molinos				Alimentación a ciclones		
	Ficmo/a	Remol 1	Remol 2	Remol 3	D-15A	D-15B	D-15C		
% SÓLIDOS	68	67	66	65.7	62.4	62.0	61.7		
F. A P90 (micrómetros)	1,289	441	480	344	640	740	621		
MALLA % ACUMULADO NEGATIVO									
6	96.74	99.36	95.86	99.66	98.60	96.11	98.58		
10	87.80	98.47	94.31	99.24	95.39	92.41	96.02		
16	78.90	96.16	92.79	98.18	91.17	88.75	91.06		
20	66.84	93.65	89.63	96.63	85.90	82.99	86.63		
35	53.40	85.47	81.40	90.84	76.20	73.26	77.02		
50	41.82	67.46	66.29	77.59	60.03	59.16	64.39		
80	32.61	49.19	51.49	61.17	49.39	45.99	50.62		
100	29.73	43.69	46.93	56.02	39.65	41.92	46.31		
150	25.84	36.69	40.77	48.03	33.55	36.42	39.84		
200	22.47	31.16	35.17	40.76	28.65	31.47	34.01		
PESO RETENIDO (%)									
6	3.26	0.64	4.14	0.34	1.40	3.89	1.42		
10	8.93	0.88	1.55	0.42	3.21	3.70	3.56		
16	8.90	2.31	1.52	1.06	4.22	3.67	3.95		
20	12.06	2.51	3.16	1.55	5.27	5.75	5.43		
35	13.44	8.18	8.22	5.79	9.70	9.74	8.61		
50	11.58	18.02	15.12	13.25	16.16	14.09	12.63		
80	9.21	18.26	14.80	16.43	15.64	13.17	13.76		
100	2.89	5.50	4.55	5.15	4.74	4.07	4.31		
150	3.88	6.99	6.17	7.99	6.09	5.50	6.47		
200	3.37	5.53	5.60	7.27	4.91	4.95	5.83		
-200	22.47	31.16	35.17	40.76	28.65	31.47	34.01		
PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gms)									
6	9.50	1.90	13.10	0.90	1.0	2.4	0.7		
10	26.00	2.60	4.90	1.10	2.2	2.3	1.9		
16	25.90	6.80	4.80	2.80	2.9	2.3	2.1		
20	35.10	7.40	10.00	4.10	3.7	3.5	2.9		
35	39.10	24.10	26.00	15.30	6.7	6.1	4.5		
50	33.70	53.10	47.80	35.00	11.2	8.8	6.6		
80	26.80	53.00	46.80	43.40	10.9	8.2	7.2		
100	8.40	16.20	14.40	13.60	3.3	2.5	2.3		
150	11.30	20.60	19.50	21.10	4.2	3.4	3.4		
200	9.80	16.30	17.70	19.20	3.4	3.1	3.1		
-200	65.40	91.80	111.20	107.70	19.9	19.7	17.9		
TOTAL	291.00	294.60	316.20	264.20	69.5	62.50	52.6		

Tabla No.10.- ANALISIS GRANULOMETRICO DEL CIRCUITO 2 DE MOLIENDA
(MOLINOS 8' X 14')

FLUJOS	Descarga de ciciones			Derrame de ciciones			Dev. Tot.
	D-15A	D-15B	D-15C	D-15A	D-15B	D-15C	
% SOLIDOS	67.5	65.7	65	50	53	56	52.9
F & P ₈₀ (micrometros)	820	1095	600	205	223	215	215
MALLA							
	% ACUMULADO NEGATIVO						
6	97.57	90.51	99.05				
10	93.60	86.15	96.27				
16	86.65	81.92	90.65				
20	80.91	75.35	85.29	100.00	100.00	100.00	100.00
35	68.68	64.62	75.74	99.70	98.75	99.37	99.29
50	49.23	49.65	61.16	93.77	90.25	91.74	91.99
80	33.95	38.27	46.09	76.75	73.74	74.72	75.13
100	30.60	35.64	41.72	69.16	67.03	67.58	67.96
150	26.30	31.99	36.81	64.29	57.66	57.56	60.00
200	23.09	28.72	31.02	54.45	49.16	48.67	50.89
% RETENIDO							
6	2.43	9.49	0.95				
10	3.97	4.35	2.78				
16	6.95	4.23	5.62				
20	5.71	6.57	4.37				
35	12.27	10.74	9.55	0.30	1.25	0.63	0.71
50	19.45	14.97	15.58	5.93	8.50	7.63	7.21
80	15.28	11.38	15.07	17.02	16.51	17.02	16.86
100	3.35	2.63	4.37	7.59	6.71	7.13	7.16
150	4.30	3.65	4.91	4.86	9.37	10.02	7.96
200	3.21	3.27	5.79	9.85	8.50	8.89	9.11
-200	23.09	28.72	31.02	54.45	49.16	48.67	50.89
PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gms)							
6	7.40	29.60	2.80				
10	12.10	13.60	8.20				
16	21.20	13.20	16.60				
20	17.40	20.50	12.90				
35	37.40	33.50	20.20	0.60	2.30	1.40	1.14
50	59.30	46.70	46.00	10.00	15.70	16.90	11.77
80	46.60	35.50	44.50	28.70	30.50	37.70	27.16
100	10.20	8.20	12.90	12.80	12.40	15.80	11.54
150	13.10	11.40	14.50	8.20	17.30	22.20	12.83
200	9.80	10.20	17.10	16.60	15.70	19.70	14.67
-200	70.40	89.60	91.60	91.80	90.80	107.80	81.99
TOTAL	304.90	312.00	295.30	168.60	184.70	221.50	161.10

TONELAJE POR HORA MOLIDO POR UN REMOEDOR.

Debido a que se carece de un fluómetro en la alimentación a remoedores, estadísticamente se determinó que el molino de bolas 15'x20' muele 329.6 tph, siendo las 58.1 tph restantes molidas por los tres remoedores. Para calcular el tph que muele cada remoedor, se utilizó el % acumulado negativo de los derrames y el metodo de determinantes como sigue:

ECUACIONES:

VARIABLES	R1	R2	R3	RT
EC-1.-	99.70 R1	98.75 R2	99.37 R3	5,769
EC-2.-	93.77 R1	90.25 R2	91.74 R3	5,345
EC-3.-	76.75 R1	73.74 R2	74.72 R3	4,365

DETERMINANTE PARA R1			DETERMINANTE PARA R2			DETERMINANTE PARA R3		
RT	R2	R3	R1	RT	R3	R1	R2	RT
5,769	98.75	99.37	99.70	5,769	99.37	99.70	98.75	5,769
5,345	90.25	91.74	93.77	5,345	91.74	93.77	90.25	5,345
4,365	73.74	74.72	76.75	4,365	74.72	76.75	73.74	4,365
(123,610)	R1 = 1590.06		(109,673)	R2 = 1,351.50		(16,567)	R3 = 1,440.00	
(108,620)			(199,314)			(87,730)		
16,512			(80,289)			(69,731)		

DETERMINANTE TOTAL		
R1	R2	R3
99.70	98.75	99.37
93.77	90.25	91.74
76.75	73.74	74.72
(2,136)	RT = 74.25	
(3,412)		
(1,201)		

RESULTADOS

TONELAJE MOLIDO POR CADA MOLINO REMOEDOR		
	T.P.H.	%
R1	20.6	35.4
R2	18.2	31.3
R3	19.4	33.3
TOTAL	58.1	100.0

donde:

R1 = tph molido por el remoedor 1.

R2 = tph molido por el remoedor 2.

R3 = tph molido por el remoedor 3.

CALCULO DE FLUJOS MASICOS.

En base a los análisis granulométricos a continuación se determina por el método de etapas sucesivas, el tph de sólido que se transporta en cada flujo del circuito de molienda.

Tabla No.11.- CALCULO DE T.P.H. EN FLUJOS DE CIRCUITO DE MOLINOS 15' X 20'.

Etapas	Desc. Rod-2	Desc. Bolas 2	Total Molinos	Razol		Total	D-26		Alia. Gruesos		Total	Derr.		Total	
				Rod-2	Bolas 2		Rod-2	Bolas 2	Rod-2	Bolas 2		Rod-2	Bolas 2		Derrase
1	387.7	0.0	387.7	14.5	0.0	14.5	373.1	0.0	373.1	329.8	0.0	329.8	43.3	0.0	43
2	387.7	329.8	717.5	14.5	43.8	58.1	373.1	286.2	659.4	329.8	160.2	490.0	43.3	128.1	169
3	387.7	490.0	877.7	14.5	43.8	58.1	373.1	448.4	819.8	329.8	249.8	579.6	43.3	196.6	240
4	387.7	579.6	967.3	14.5	43.8	58.1	373.1	536.1	909.2	329.8	300.0	629.8	43.3	236.1	279
5	387.7	629.8	1,017.5	14.5	43.8	58.1	373.1	586.2	959.4	329.8	328.0	657.9	43.3	258.2	301
6	387.7	657.9	1,045.5	14.5	43.8	58.1	373.1	614.3	987.4	329.8	343.7	673.6	43.3	270.5	314
7	387.7	673.6	1,061.2	14.5	43.8	58.1	373.1	630.0	1003.1	329.8	352.5	682.4	43.3	277.4	321
8	387.7	682.4	1,070.0	14.5	43.8	58.1	373.1	638.8	1011.9	329.8	357.5	687.3	43.3	281.3	325
9	387.7	687.3	1,074.9	14.5	43.8	58.1	373.1	643.7	1016.8	329.8	360.2	690.0	43.3	283.5	327
10	387.7	690.0	1,077.7	14.5	43.8	58.1	373.1	648.4	1019.6	329.8	361.7	691.6	43.3	284.7	328
11	387.7	691.6	1,079.2	14.5	43.8	58.1	373.1	648.0	1021.1	329.8	362.6	692.4	43.3	285.4	329
12	387.7	692.4	1,080.1	14.5	43.8	58.1	373.1	648.8	1022.0	329.8	363.1	692.9	43.3	285.8	329
13	387.7	692.9	1,080.6	14.5	43.8	58.1	373.1	649.3	1022.5	329.8	363.4	693.7	43.3	286.0	329
14	387.7	693.2	1,080.8	14.5	43.8	58.1	373.1	649.6	1022.7	329.8	363.5	693.3	43.3	286.1	329
15	387.7	693.3	1,081.0	14.5	43.8	58.1	373.1	649.8	1022.9	329.8	363.8	693.4	43.3	286.2	329
16	387.7	693.4	1,081.1	14.5	43.8	58.1	373.1	649.8	1023.0	329.8	363.8	693.5	43.3	286.2	330

Tabla No.12.- CALCULO DE T.P.H. EN FLUJOS DE REMOLTEADOR 1.

Etapas	Alia. Fresca	Desc. Remol 1	Total D-15#	Gruesos Fresca		Total	Derr. Fresca		Total Derrase	tph Falta
				Alia. Fresca	Remol 1		Alia. Fresca	Remol 1		
1	20.1	0.0	20.1	20.1	0.0	20.1	0.0	0.0	0.0	20.1
2	20.1	20.1	40.2	20.1	11.9	32.0	0.0	8.2	8.2	11.9
3	20.1	32.0	52.1	20.1	19.0	39.1	0.0	13.0	13.0	7.1
4	20.1	39.1	59.2	20.1	23.2	43.3	0.0	15.9	15.9	4.2
5	20.1	43.3	63.4	20.1	25.7	45.8	0.0	17.6	17.6	2.5
6	20.1	45.8	65.9	20.1	27.2	47.3	0.0	18.6	18.6	1.5
7	20.1	47.3	67.4	20.1	28.1	48.2	0.0	19.2	19.2	0.9
8	20.1	48.2	68.3	20.1	28.6	48.7	0.0	19.6	19.6	0.5
9	20.1	48.7	68.8	20.1	28.9	49.0	0.0	19.8	19.8	0.3
10	20.1	49.0	69.1	20.1	29.1	49.2	0.0	19.9	19.9	0.2
11	20.1	49.2	69.3	20.1	29.2	49.3	0.0	20.0	20.0	0.1
12	20.1	49.3	69.4	20.1	29.3	49.4	0.0	20.0	20.0	0.1
13	20.1	49.4	69.5	20.1	29.3	49.4	0.0	20.1	20.1	0.0

Tabla No.13.- CALCULO DE T.P.H. EN FLAJOS DE REMOLADOR 2.

Etapa	Alim.	Desc.	Total	Gruesos	Gruesos	Total	Derr.	Derr.	Total	tph
	Fresca	Remol 2		Alim.	Alim. Remol 2		Gruesos	Alim. Remol 2		
			D-15B	Fresca			Fresca			
1	18.2	0.0	18.2	18.2	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	18.2
2	18.2	18.2	36.4	18.2	10.7	28.9	0.0	7.5	7.5	10.7
3	18.2	28.9	47.1	18.2	17.1	35.3	0.0	11.9	11.9	6.3
4	18.2	35.3	53.5	18.2	20.8	39.0	0.0	14.5	14.5	3.7
5	18.2	39.0	57.2	18.2	23.0	41.2	0.0	16.0	16.0	2.2
6	18.2	41.2	59.4	18.2	24.3	42.5	0.0	16.9	16.9	1.3
7	18.2	42.5	60.7	18.2	25.1	43.3	0.0	17.4	17.4	0.8
8	18.2	43.3	61.5	18.2	25.5	43.7	0.0	17.7	17.7	0.5
9	18.2	43.7	61.9	18.2	25.8	44.0	0.0	17.9	17.9	0.3
10	18.2	44.0	62.2	18.2	26.0	44.2	0.0	18.0	18.0	0.2
11	18.2	44.2	62.4	18.2	26.0	44.2	0.0	18.1	18.1	0.1
12	18.2	44.2	62.4	18.2	26.1	44.3	0.0	18.1	18.1	0.1
13	18.2	44.3	62.5	18.2	26.1	44.3	0.0	18.2	18.2	0.0

Tabla No.14.- CALCULO DE T.P.H. EN FLAJOS DE REMOLADOR 3.

Etapa	Alim.	Desc.	Total	Gruesos	Gruesos	Total	Derr.	Derr.	Total	tph
	Fresca	Remol 3		Alim.	Alim. Remol 3		Gruesos	Alim. Remol 3		
			D-15C	Fresca			Fresca			
1	19.4	0.0	19.4	19.4	0.0	19.4	0.0	0.0	0.0	19.4
2	19.4	19.4	38.8	19.4	8.1	27.5	0.0	11.3	11.3	8.1
3	19.4	27.5	46.9	19.4	11.4	30.8	0.0	15.0	15.0	3.4
4	19.4	30.8	50.2	19.4	12.5	32.2	0.0	15.9	15.9	1.4
5	19.4	32.2	51.6	19.4	13.4	32.8	0.0	15.8	15.8	0.8
6	19.4	32.8	52.2	19.4	13.7	33.1	0.0	15.2	15.2	0.2
7	19.4	33.1	52.5	19.4	13.8	33.2	0.0	15.3	15.3	0.1
8	19.4	33.2	52.6	19.4	13.8	33.2	0.0	15.4	15.4	0.0

Tabla No. 15.

54

BALANCE AGUA - PULPA EN CIRCUITO No.2 DE MOLIENDA.

FLUJO	(1) MINERAL ton	(2) SOLIDO %	(3) PULPA ton/hr (1/2)	(4) PULPA usqon (104.4)	(5) AGUA m ³ /hr (3-1)	(6) AGUA usqon (584.4)	(7) MINERAL S.E.	(8) AGUA a3 + Agres. - Recup.	(9) SOLIDOS VOLUMEN m ³ (1/7)	(10) PULPA VOLUMEN m ³ (549)
MINERAL FRESCO	388	98.7	393	655	5	23.3	2.7		144	149
AGUA DE ALIMENTACION								92		
DESCARGA RODILLOS	388	79.0	491	1,085	103	453.5	2.7		144	247
DESCARGA EOLAS	693	72.7	954	2,276	260	1,145.7	2.7		257	517
AGUA DE DILUACION								205		
TOTAL MOLINOS 15' X 20'	1,081	65.3	1,450	4,263	569	2501.7	2.7		400	969
ALIMENTACION D-26	1,023	65.4	1,365	4,050	541	2322.0	2.7		379	920
DESCARGA D-26	694	72.7	954	2,276	260	1,145.7	2.7		257	517
DERRAME D-26	330	54.0	611	1,774	281	1236.1	2.7		122	403
A MOLINOS 8' X 14'	58	68.0	85	214	27	119.7	2.7		21	49
BALANCE GENERAL MOLINOS 8' X 14'										
ALIMENTACION FRESCA	58	68	85	214	27	119.7	2.7		21	49
DESC. MOLINOS	127	66.5	191	488	64	281.3	2.7		47	111
AGUA DE DILUACION								24		
ALIMENTACION D-15	185	61.3	300	809	115	507.9	2.7		68	184
DESCARGA D-15A, B Y C	127	66.3	191	488	64	281.3	2.7		47	111
DERRAME D-15A, B Y C.	58	52.8	109	321	51	226.5	2.7		21	73
DERRAME FINAL CTO-2 (FINOS D-26+FINOS D-15)	388	53.8	720	2,094	332	1462.7	2.7		144	476

BALANCE INDIVIDUAL EN REMOLEDORES.

BALANCE AGUA PULPA EN REMOLEDOR 1										
ALIMENTACION FRESCA	20	68.0	30	74	9	41.6	2.7		7	17
DESC. MOLINO	49	67.5	73	185	24	104.7	2.7		18	42
AGUA DE DILUACION								11		
ALIMENTACION D-15A	70	61.3	115	306	44	193.1	2.7		26	70
DESCARGA D-15A	49	67.5	73	185	24	104.7	2.7		18	42
DERRAME D-15A	20	30.0	40	121	20	86.4	2.7		7	28
BALANCE AGUA PULPA EN REMOLEDOR 2										
ALIMENTACION FRESCA	18	68.0	27	67	9	37.7	2.7		7	15
DESC. MOLINO	44	66.0	67	173	23	100.4	2.7		16	39
AGUA DE DILUACION								8		
ALIMENTACION D-15B	63	61.6	101	273	39	171.4	2.7		23	62
DESCARGA D-15B	44	66.0	67	173	23	100.4	2.7		16	39
DERRAME D-15B	15	53.0	34	101	16	71.0	2.7		7	23
BALANCE AGUA PULPA EN REMOLEDOR 3										
ALIMENTACION FRESCA	19	68.0	29	72	9	40.2	2.7		7	16
DESC. MOLINO	33	65.7	51	130	17	76.3	2.7		12	30
AGUA DE DILUACION								6		
ALIMENTACION D-15C	53	61.8	85	229	33	143.3	2.7		19	52
DESCARGA D-15C	33	65.7	51	130	17	76.3	2.7		12	30
DERRAME D-15C	19	56.0	25	66	15	67.1	2.7		7	22

Tabla No.18.- RESULTADOS DE LA OPERACION DEL CIRCUITO No.2 DE MOLIENDA DE ENERO A MARZO DE 1992.

DIA	MI	ACUM	F-80		P/P 80		P80		MOL.		MOL.		PRODUCCION			HORAS DE OPERACION		
			YB-19	BARRAS 2	DIA	ACUM	DIA	ACUM	DIA	ACUM	1-1/2	1/2	T.P.D.	T-19	MB-2	T.P.H.	R-1	R-2
1	17.56	18.84	15445	1624	2050	306	12.91	13.12	9,596	23.7	24.0	405	24.0	24.0	24.0			
2	18.07	18.84	13828	2042	2050	375	13.11	13.12	8,969	23.8	24.0	377	24.0	24.0	24.0			
3	17.41	18.84	17063	1911	2050	362	13.28	13.12	8,949	23.4	23.8	382	23.8	23.6	23.6			
4	18.94	18.84	15134	1605	2050	320	12.70	13.12	9,288	23.8	24.0	330	24.0	23.8	24.0			
5	19.08	18.84	15425	2300	2050	309	12.63	13.12	9,418	23.8	24.0	396	24.0	24.0	24.0			
6	18.80	18.84	14702	1884	2050	341	12.76	13.12	9,041	24.0	24.0	377	24.0	24.0	24.0			
7	18.99	18.84	16251	2212	2050	291	12.60	13.12	9,308	23.2	24.0	401	24.0	24.0	24.0			
8	19.51	18.84	14220	2584	2050	302	12.74	13.12	9,358	23.7	24.0	395	24.0	24.0	24.0			
9	18.99	18.84	13544	1921	2050	382	13.01	13.12	9,377	23.5	24.0	399	24.0	24.0	24.0			
10	18.21	18.84	13022	1765	2050	273	13.10	13.12	9,182	23.5	23.9	391	23.9	23.3	23.9			
11	18.19	18.84	12614	2438	2050	370	13.15	13.12	9,421	23.6	24.0	399	24.0	24.0	24.0			
12	19.20	18.84	14045	1969	2050	226	13.01	13.12	9,308	23.8	24.0	394	24.0	24.0	24.0			
13	17.99	18.84	11903	1993	2050	323	13.73	13.12	7,987	21.0	21.8	380	23.7	23.7	23.7			
14	19.42	18.84	11015	2147	2050	349	12.19	13.12	9,920	23.7	24.0	419	24.0	24.0	24.0			
15	18.98	18.84	12435	2144	2050	330	12.87	13.12	9,474	23.9	24.0	396	24.0	24.0	24.0			
16	18.78	18.84	13280	2142	2050	376	13.09	13.12	9,124	23.2	24.0	395	24.0	24.0	24.0			
17	18.37	18.84	12382	2146	2050	318	13.05	13.12	9,503	23.6	24.0	403	24.0	24.0	24.0			
18	18.38	18.84	13903	2012	2050	485	12.87	13.12	9,568	23.7	24.0	404	24.0	24.0	24.0			
19	19.22	18.84	13598	1983	2050	323	13.10	13.12	9,318	23.3	24.0	403	24.0	24.0	24.0			
20	18.43	18.84	15137	2492	2050	336	13.13	13.12	9,318	23.6	24.0	395	24.0	24.0	24.0			
21	19.69	18.84	12545	1938	2050	283	13.40	13.12	8,980	22.9	24.0	392	24.0	24.0	24.0			
22	18.62	18.84	12387	1838	2050	250	13.78	13.12	8,944	23.6	23.9	379	24.0	24.0	24.0			
23	19.41	18.84	13152	2284	2050	442	12.39	13.12	8,845	24.0	24.0	410	24.0	24.0	24.0			
PROMEDIO			18.84	13,781	2,950	332	13.12		9,270			394.7						
MAXIMO			19.94	17,063	2,584	485	13.79		8,920			416.6						
MINIMO			17.56	11,015	1,569	226	12.19		7,987			376.7						

CONTINUACION Tabla No. 16.

	CONSUMO DE ENERGIA POR MOLINO								Wl Oper. Cto-2	Indice Cto-2 Wl op/Wl
	HR-2 W	HR-2 W-h	HR-2 W	HR-2 W-h	REM-1 W-h	REM-2 W-h	REM-3 W-h	Wl Oper. Cto-2		
1	45,600	1,524.1	58,500	2,354.2	330.8	317.8	298.4	28.27	1.50	
2	43,600	1,831.9	54,100	2,254.2	298.4	298.4	259.4	30.40	1.61	
3	43,900	1,876.1	53,600	2,279.7	343.8	324.3	246.5	26.58	1.51	
4	43,300	1,819.3	52,700	2,195.6	330.8	311.3	298.4	26.58	1.33	
5	44,100	1,852.9	53,700	2,237.5	304.8	324.3	278.9	25.87	1.36	
6	41,300	1,720.8	52,100	2,170.8	317.8	337.3	259.4	27.79	1.40	
7	46,000	1,982.8	51,100	2,129.2	304.8	337.3	298.4	24.80	1.31	
8	46,600	1,966.2	51,300	2,137.5	317.8	304.8	311.3	25.92	1.33	
9	46,600	1,983.0	54,400	2,266.7	317.8	311.3	311.3	30.55	1.61	
10	45,600	1,540.4	52,700	2,205.0	330.8	317.8	324.3	25.31	1.39	
11	46,100	2,038.1	52,600	2,191.7	337.3	343.8	337.3	30.51	1.66	
12	45,300	1,919.5	53,300	2,220.8	317.8	343.8	330.8	22.41	1.17	
13	41,100	1,557.1	50,300	2,307.3	311.3	337.3	330.8	29.67	1.65	
14	45,300	1,911.4	54,500	2,270.8	311.3	304.8	304.8	27.71	1.43	
15	44,700	1,870.3	54,230	2,258.3	304.8	337.3	330.8	27.93	1.47	
16	44,700	1,926.7	54,900	2,287.5	311.3	324.3	298.4	30.52	1.53	
17	46,300	1,961.9	56,000	2,333.3	304.8	324.3	330.8	27.71	1.51	
18	46,500	1,962.0	55,000	2,291.7	304.8	311.3	324.3	34.87	1.90	
19	46,800	2,060.6	55,200	2,300.0	298.4	311.3	317.8	27.82	1.45	
20	45,400	1,923.7	54,400	2,266.7	324.3	337.3	330.8	28.27	1.53	
21	44,200	1,930.1	58,400	2,350.0	317.8	324.3	330.8	26.52	1.35	
22	45,500	1,928.0	56,100	2,347.3	304.8	317.8	324.3	25.40	1.36	
23	43,600	1,816.7	55,700	2,320.8	304.8	311.3	330.8	31.91	1.84	
PROMEDIO		1,914.8		2,259.7	315.3	322.3	309.1	27.96	1.48	
MAXIMO		2,038.1		2,354.2	343.8	343.8	337.3	34.87	1.90	
MINIMO		1,720.8		2,129.2	298.4	298.4	246.5	22.41	1.17	

3.2.- AREA DE OPORTUNIDAD.

Se ha determinado que un molino de barras o bolas es básicamente una máquina que opera a consumo constante de potencia, ya sea, que muele a plena capacidad, a mediana capacidad o a una mínima capacidad.

De manera similar, como el consumo de barras, bolas y de revestimientos es proporcional al consumo de energía, se puede también decir que, en líneas generales, un molino es una máquina que opera a consumo constante de acero. Considerando la enorme incidencia de los costos de molienda en cualquier proceso de concentración de minerales puede concluirse fácilmente que "cualquier esfuerzo desarrollado para mejorar la eficiencia de una operación de molienda puede rendir altos dividendos con un muy bajo costo adicional".

Dado la baja eficiencia de clasificación en los ciclones de remoladores, el alto Wi operacional y al sistema de clasificación instalado, es necesario otorgar una alternativa que contribuya a optimizar la operación de molienda en este circuito.

La alternativa deberá ser tal que permita aumentar la productividad en la etapa de molienda.

CAPITULO 4
ALTERNATIVA
DE
OPTIMIZACION

4.- ALTERNATIVA DE OPTIMIZACION.

4.1.- CAPACIDAD DE LOS MOLINOS REMOLEDORES.

A fin de determinar si los molinos remoladores estaban operando a menos de su capacidad máxima, se procedió a calcular, en base a la teoría de Bond la capacidad de molienda en los molinos 8'x14'. Para ello se tomo en cuenta como medida de seguridad que la granulometría en su alimentación es la mas gruesa descargada por el molino de barras, la cuál resulta con F/P-80 de 2,499 micrómetros y también con F/P80 normal de 2,000 micrómetros, el W_i de 20 y 19.5 Kw-h/Ton y un P 80 de 300 micrómetros en el derrame.

El motor de cada molino tiene capacidad nominal de 500 H.P. de los cuales se consumen en promedio 436 (87.2 % del nominal); para los cálculos se consideraron consumos de 95%, 90% y 87.2%.

Se calculó también la bomba necesaria, el número y tamaño de ciclones y se propuso el nuevo diagrama de flujo en el circuito de remoladores.

4.2.- PROCEDIMIENTO DE CALCULO

GRANULOMETRIA DE ALIMENTACION A MOLINOS REMOLEDORES.

El mineral alimentado a estos molinos es una mezcla de las descargas de los molinos de barras y bols 15' x 20'. Para el cálculo se tomó solo la descarga del primero debido a que así, la capacidad resultante en toneladas por hora se aseguraría en la práctica.

Tabla No.17.- Analisis Granulométrico de la alimentación a molinos reolvedores.

Malla No.	Micrómetros	Peso Retenido (%)	Acumulado (-) (%)
6	3,350	9.62	90.38
10	2,000	17.70	72.68
16	1,180	16.66	56.02
20	850	8.41	47.60
35	500	10.12	37.48
50	300	8.01	29.47
80	180	5.97	23.50
100	150	1.91	21.59
150	105	2.65	18.94
200	74	2.41	16.53
-200		16.53	

F/P 80:

Para este analisis granulométrico resultó de 2.499 micrómetros.

CONSUMO DE ENERGIA:

El motor de cada molino 8"x14" es de 500 H.P., si se proyectan consumos de 95, 90 y 87.2 % de eficiencia entónces serán 475, 450 y 436 H.P. para el cálculo.

ENERGIA DISPONIBLE PARA MOLER:

Debido a que el molino tiene una relación longitud/diámetro de 1.75 y que el consumo de energía es proporcional a la longitud, la energía neta para moler al mineral sera el cociente de la energía demandada por el equipo entre 1.75.

Tabla No.18.- Energía disponible para la molienda.

95 % eficiencia :	$475 / (1.75 * 1.341) = 202.4$ Kw-h
90 % eficiencia :	$450 / (1.75 * 1.341) = 191.8$ Kw-h
87.2 % eficiencia :	$436 / (1.75 * 1.341) = 185.8$ Kw-h

ENERGIA NECESARIA PARA MOLER EL MINERAL:

De acuerdo a la teoría de F. C. Bond "la energía requerida es proporcional al tamaño de la partícula producida e igual a la diferencia de energías representadas por la descarga (P) y la alimentación (F). La expresión anterior está dada por la ecuación No.2.

Mediante esta ecuación se calculó la energía necesaria para moler una tonelada métrica seca de mineral para todos los casos que se presentan en la tabla No.19.

Los factores de ineficiencia EFi a EFB no son aplicables en este cálculo.

TPH POSIBLE :

Es el resultado de dividir la energía disponible de molienda entre la energía necesaria para moler una tonelada de mineral seco (Kw-h/ton).

Los tonelajes resultantes se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla No.19.- CAPACIDAD DE UN MOLINO B' X 14'.
(EN BASE A LA TEORIA DE F. C. BOND.)**

Wt (Kw-h/Ton)	MEDIDORES		CONSUMO DE ENERGIA (T.P.)	CAPACIDAD UTILIZADA (%)	ENERGIA NECESARIA PARA LA MOLINERA (Kw-h/Ton)	ENERGIA AFECTADA POR LA RELACION L/D	CAPACIDAD RESULTANTE T.M.P.H.
	F 50	P 60					
20.0	2,000	300	475	95.0	7.07	202.4	28.6
20.0	2,499	300	475	95.0	7.55	222.4	28.8
19.5	2,000	300	475	95.0	5.90	229.4	29.3
19.5	1,499	300	475	35.0	7.36	202.4	27.5
20.0	2,000	300	450	90.0	7.07	191.3	27.1
20.0	2,499	300	450	90.0	7.55	191.3	25.4
19.5	2,000	300	450	90.0	5.90	191.3	27.3
19.5	1,499	300	450	90.0	7.36	191.3	26.1
20.0	2,000	300	436	87.2	7.07	185.3	26.3
20.0	2,499	300	436	87.2	7.55	135.3	24.6
19.5	2,000	300	436	87.2	5.90	135.3	26.9
19.5	1,499	300	436	87.2	7.36	135.3	25.3

Relación L/D

1.75

Del procedimiento anterior se afirma que cada molino remolador 8'x14' es capaz de moler hasta 29.3 tms de mineral por hora. actualmente solo se procesan de 18 a 22 ton/hr.

4.3.- CLASIFICACION Y TRANSPORTE DE PULPA:

Para la capacidad determinada, se procedió a calcular los balances agua-pulpa del circuito de molinos 8'x14'. utilizando cargas circulantes del orden de 250% y de 400%. Posteriormente se calculó la bomba adecuada y el número de ciclones necesarios. Los resultados son:

Tabla No.20.- Equipo y condiciones de operación adecuados.

EQUIPO	MOLINO 8' X 14'		3 MOLINOS 8' X 14'	
	Carga Circulante (%)		Carga Circulante (%)	
	250	400	250	400
tph	29	29	87	87
bomba	8" x 6"	8" x 6"	12" x 10"	12" x 10"
rpm	650	750	500	500
motor (hp)	20	30	51	68
% Efic. Bomba	58	62	58	62
Diam.Tubería (in)	6"	6"	10"	10"
# de Ciclones	1	2	3	4
Presión de Alim.(psi)	6.3	2.7	6.3	6.3
Diámetro de Apex	3.0"	2.5"	3.0"	2.5"
Gasto/ciclón (usgpm)	394	526	394	394

Actualmente el equipo de transporte de pulpa y clasificación para cada molino se compone de:

Una bomba SRL 12"x10" con motor de 125 H.P, tubería de 10" de diámetro en alimentación a cada batería de 2 ciclones D-15. Cabe mencionar que los tubos de derrame de los ciclones D-15 correspondientes a los remoladores 1 y 3 se extienden 3 metros arriba del punto de la alimentación.

4.4.- CALCULO DE CICLONES ADECUADOS.

BALANCE AGUA - PULPA

ALTERNATIVA : TRES MOLINOS 8' x 14' OPERANDO COMO UNO SOLO Y CLASIFICAR CON UNA BATERIA DE CICLONES.

(250% DE CARGA CIRCULANTE)

BASE DE CALCULO : 24 HRS DE OPERACION										TPH 87.0	
FLUJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	MINERAL tpd	SOLIDOS %	PULPA ton/día	PULPA us/gal	AGUA ton/día	AGUA us/gal	GLE	AGUA m ³ - Agreg. +Recup.	Sólidos m ³	Volumen Pulpa m ³	
ALIMENT. FRESCA	2,088	72.0	2,900	291	812	149	2.7	(1,275)	773	1,695	
DESC. MOLINOS 8'x14'	5,220	76.0	6,868	657	1,648	302	2.7		1,933	3,582	
AGUA DE DILUCION											
ALIMENT. D-15	7,308	65.2	11,044	1,182	3,736	686	2.7		2,707	6,443	
DESCARGA D-15	5,220	76.0	6,868	657	1,648	302	2.7		1,933	3,582	
DERRAME D-15	2,088	50.0	4,176	525	2,088	383	2.7	773	2,861		
Fracción de agua:											
(Descarga/Alimentación)					0.44						
Factor de Carga Circulante :					2.5						

NUMERO DE CICLONES NECESARIOS

No de ciclones D-15	1	2	3
Gastobolón	1,182	591	394
Presión de alimentación (psi)	56.34	14.09	6.26
Ctes. de Clasificación:			
C-1	9.48	9.48	9.48
C-2	0.62	0.91	1.14
C-3	0.99	0.99	0.99
D50 esperado (micras)	181	267	334

*.- Es decir, solo es necesario tres ciclones D-15 operando en circuito cerrado con tres molinos 8' x 14' cuando se opera con relaciones de carga circulante de 2.5.

B A L A N C E A G U A - P U L P A

ALTERNATIVA : TRES MOLINOS 8'x 14' OPERANDO COMO UNO SOLO Y CLASIFICAR CON UNA BATERIA DE CICLONES.

(400 % DE CARGA CIRCULANTE)

TPH 87.0										
BASE DE CALCULO : 24 HR DE OPERACION										
FLUJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	MINERAL tpd	SOLIDOS %	PULPA ton/día	PULPA unq/m	AGUA ton/día	AGUA usq/m	GLE	AGUA m ³ - Agriet. + Recup.	Sólidos m ³	Volumen Pulpa m ³
ALIMENT. FREGCA	2,088	72.0	2,900	291	812	149	2.7	(1,276)	773	1,585
DESC. MOLINOS 8'x14'	8,352	76.0	10,989	1,052	2,637	484	2.7		3,093	5,731
AGUA DE DILUCION										
ALIMENT. D-15	10,440	68.8	15,165	1,577	4,725	867	2.7		3,867	8,592
DESCARGA D-15	8,352	76.0	10,989	1,052	2,637	484	2.7		3,093	5,731
DEFRAME D-15	2,088	50.0	4,176	525	2,088	383	2.7	773	2,861	
Fración de agua : (Descarga/Alimentación)					0.56					
Factor de Carga Circulante :					4.00					

NUMERO DE CICLONES NECESARIOS

No de ciclones D-15	1	2	3	4
Gasto/ciclón	1,577	788	526	394
Presión de alimentación (psi)	100.2	25.0	11.1	6.3
Ctes. de Clasificación :				
C-1	9.48	9.48	9.48	9.48
C-2	0.52	0.77	0.97	1.14
C-3	0.99	0.99	0.99	0.99
D50 esperado (micras)	154	227	285	334

*.- Es decir, cuando se tienen relaciones de carga circulante del orden de 4.0 es necesario operar con cuatro ciclones D-15.

Con este equipo la clasificación presenta excesivas cavitaciones ya que originalmente fue diseñado para transportar mayores volúmenes de pulpa a los que actualmente se tienen; consecuencia de ello la deficiente clasificación.

4.5.- PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACION.

La excesiva cavitación en el respectivo circuito de cada molino 8"x14" provoca que la eficiencia de clasificación sea muy baja y por esto la capacidad de tales molinos este aprovechandose solo al 78 %.

Para incrementar la eficiencia de clasificación es necesario eliminar las cavitaciones y se sugiere:

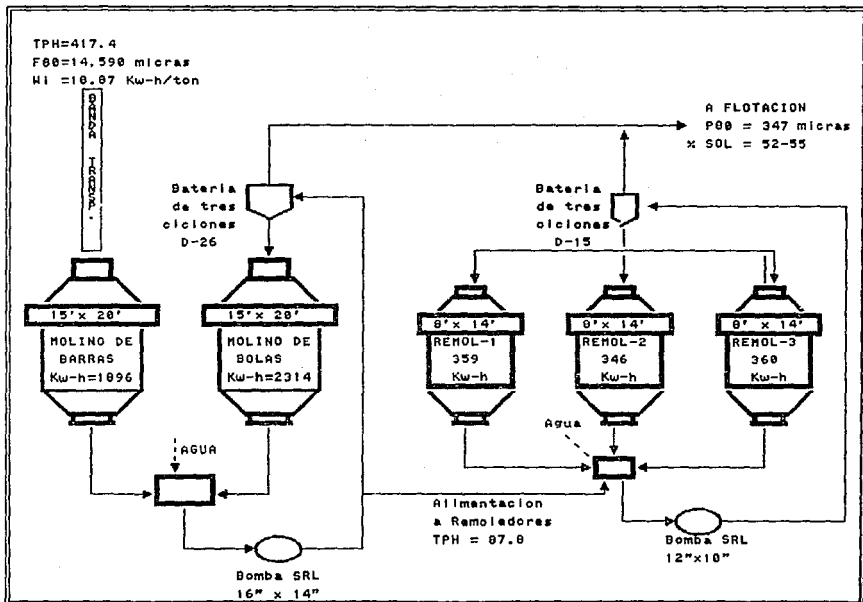
NUEVO DIAGRAMA DE FLUJO.

Aprovechar la instalación que se tiene operando a los tres molinos 8"x14" como si fuera uno solo uniendo sus tres descargas en un cajón común y con una bomba 12"x10" enviar la pulpa a una sola batería de tres ciclones D-15, cerrando el circuito con la repartición de la descarga de dichos ciclones entre los tres molinos.

De esta manera, la alimentación fresca a los remoladores llegará al cajón único, eliminandose el cajón distribuidor y facilitando al operador el control de la operación.

La capacidad de la bomba 12"x10" y la tubería de 10" de diámetro correspondientes al remolador No.2 es suficiente para transportar las cargas fresca y circulante de los tres molinos 8"x 14". El diagrama de flujo No.2. siguiente ilustra esta alternativa.

DIAGRAMA DE FLUJO No. 2 (CON MODIFICACION)
CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA
MINERA REAL DE ANGELES, S.A. DE C.V.



4.6.- VENTAJAS DE LA ALTERNATIVA:

Solo se operará una bomba con su batería de tres ciclones D-15 en lugar de tres, eliminando dos bombas y dos baterías de dos ciclones D-15 c/u.

Se proyecta ahorro:

- a).- de energía por dos motores de las bombas que dejarán de funcionar.
- b).- en refacciones de bombas y de ciclones.
- c).- horas hombre por mantenimiento a menor cantidad de equipo.
- d).- en consumo de bola y revestimientos por operar los molinos con mayor tonelaje de mineral.

También se espera:

- a).- mayor facilidad para controlar la operación del circuito por parte del operador y por supuesto un aumento de 33 toneladas por hora de mineral molido en los tres molinos 8"x14".
- b).- no invertir económicamente en equipo adicional pues ya existe incluso instalado.
- c).- en su momento se facilitará la instalación de un equipo de medición del tamaño de partículas (PSM) para monitorear la operación de estos molinos.

CAPITULO 5

MODIFICACION

REALIZADA

Y

RESULTADOS

LOGRADOS

5.- MODIFICACION REALIZADA Y RESULTADOS LOGRADOS.

5.1.- AUTORIZACION DEL PROYECTO.

Posterior a la respectiva revisión, la propuesta de optimización fue autorizada. Del 1 al 14 de Abril de 1992 se implementó la modificación del circuito de remoladores y el día 15 se arrancó la operación del circuito No.2 a su plena capacidad.

5.2.- MODIFICACIONES REALIZADAS.

- Se eliminó las bombas SRL 12" x 10" y cajones respectivos de los remoladores 1 y 3, solo quedó una bomba SRL 12" x 10" para enviar a clasificación la pulpa descargada por los tres molinos así como la alimentación fresca proveniente de los molinos 15' x 20'.

- Se eliminaron dos baterías de 2 ciclones D-15 cada una en los remoladores 1 y 3, se implementó una sola con tres ciclones D-15 de acuerdo con la propuesta.

- Se eliminó el cajón que distribuía la carga fresca a los remoladores, ahora la alimentación fresca llega directamente a un cajón único.

- La descarga (gruesos) de cada ciclón D-15 es retornada a cada remolador.

Estas modificaciones se pueden observar en el diagrama de flujo No. 2.

5.3. - RESULTADOS OBTENIDOS.

a) - ESTADÍSTICA ABRIL-DICIEMBRE 92.

La estadística de la operación del circuito No.2 de molienda comprendida desde Abril a Diciembre de 1992 muestra los siguientes resultados :

Tabla No.21.- Estadística Abril-Diciembre 1992

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
TPD	9,727	11,068	5,274
TPH	417.4	463.1	374.6
Wi del min. (Kw-h/ton)	18.87	20.86	17.12
F 80 (micrómetros)	14,590	19,946	10,097
F/P 80 (micrómetros)	2,303	3,083	1,453
P 80 (micrómetros)	347	517	249
Rel. de Red.	42.05		
Kw-h/ton	12.64	14.37	10.49
ENERGIA CONSUMIDA (Kw-h):			
Mol Barras	1,896	2,342	1,745
Mol de Bolas	2,314	2,492	1,517
Remol-1	358.9	395.7	311.3
Remol-2	345.5	376.2	278.9
Remol-3	359.9	402.1	317.8
Wi oper. (Kw-h/ton)	27.84	37.69	22.11

El tonelaje por hora molido antes de la modificación, difícilmente era mayor a 400. Ahora con el nuevo diagrama de tratamiento, los tonelajes por hora de 420 a 440 son considerados como una molienda muy normal.

Tabla No.22.- COMPARACION DE RESULTADOS LOGRADOS EN CIRCUITO No.2.

(OPERANDO SIN CARGA EN UN MOLINO DE BOLAS)

VARIABLE	NO MODIFICADO ENE-MAR	MODIFICADO ABR-DIC	DIFERENCIA	VARIACION (%)	ACIERTOS
Wi (Kw-h/ton)	18.84	18.87	0.03	0.16	
T.P.H.	394.70	417.40	22.70	5.75	A
F B0 (micrómetros)	13,781	14,590	809.00	5.87	
F/P B0 (micrómetros)	2,050	2,303	253.00	12.34	A
P B0 (micrómetros)	332	347	15.10	4.55	A
Rel. Red.	41.51	42.03	0.52	1.26	A
HP nominal	7,500	7,500	0.00	0.00	
Kw-hr nominal	5,593	5,593	0.00	0.00	
Consumo real:					
Kw-h	5,121	5,274	153.01	2.99	A
Kw-h/ton	12.97	12.64	-0.34	-2.61	A
Wi operacional (Kw-h/ton)	27.97	27.83	-0.14	-0.49	A
Wi op/Wi	1.48	1.48	-0.01	-0.65	A
% de sólidos:					
Redillos 2	80	80	0.00	0.00	
Bolas 2 (15'X20')	75	76	1.00	1.33	A
B' x 14' #1	72	78	6.00	8.33	A
B' x 14' #2	75	78	3.00	4.00	A
B' x 14' #3	75	78	3.00	4.00	A
Derrame D-26	53	55	2.00	3.77	A
Derrame D-15	51	59	8.00	15.69	A
Derrame total	52	57	5.00	9.62	A
% de Carga Circ.					
Molino de Bolas	200-300	> 250	0.00		
Remoedores	220-800	< 250	0.00		
Eficiencia de Clasificación (%)					
Derrame D-26	35.31	26.91	-8.40	-23.79	D
Derrame D-15	20.92	35.09	14.17	67.73	A

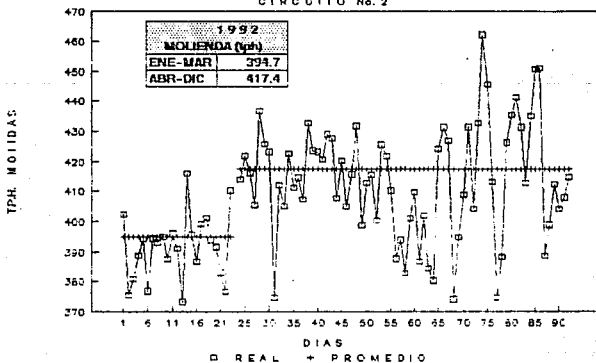
b).- CAPACIDAD DE MOLIENDA.

El tonelaje por hora promedio de mineral molido se incrementó de 394.7 hasta 417.4. Lo que representa un incremento positivo de la capacidad de molienda del 5.75 %.

El tonelaje promedio por día molido del circuito No.2 de Enero a Marzo fue de 9,270 y de Abril a Diciembre 92 fue de 9,727.

El molino de bolas 15'x 20' antes y después de la modificación ha trabajado a su misma capacidad, el incremento fue directamente en los molinos remoladoras, lográndose un incremento promedio, desde 20 tph a 29.8 tph por molino.

PRODUCCION EN MOLIENDA
CIRCUITO No. 2



c) - TONELAJE MOLINO EN CADA REMOLEDOR.

Utilizando los resultados de operación, se eligió los días en que el circuito No. 2 operó sin remoladores, con un remolador, con dos remoladores y con tres remoladores. La capacidad del molino de bolas 15' x 20' resultó de 329.6 tph y la de los remoladores de 29.8 tph.

Tabla No.23.- CALCULO DEL TONELAJE PROCESADO POR UN MOLINO 8' X 14'.

PERIODO : ABRIL 15 - DICIEMBRE 31 DE 1992.

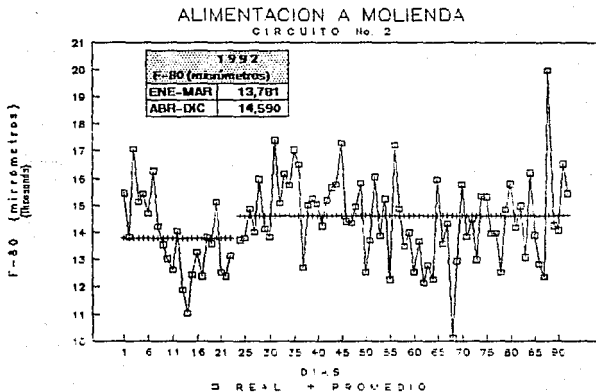
(DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO)

CIRCUITO	T.P.H.	MOLIENDA POR MOLINO 8'X14' T.P.H.
1 MOLINO DE BARRAS + 1 MOLINO DE BOLAS 15' X 20'	329.6	0.0
1 MOLINO DE BARRAS + 1 MOLINO DE BOLAS 15' X 20' + 1 MOLINO DE BOLAS 8' X 14'	358.9	29.3
1 MOLINO DE BARRAS + 1 MOLINO DE BOLAS 15' X 20' + 2 MOLINOS DE BOLAS 8' X 14'	391.3	30.9
1 MOLINO DE BARRAS + 1 MOLINO DE BOLAS 15' X 20' + 3 MOLINOS DE BOLAS 8' X 14'	417.4	29.3
RESULTADO		29.8

c). - F 80 (micrómetros).

De acuerdo a la teoría de F. C. Bond a mayor F80, el tonelaje por hora de mineral molido disminuye ya que se requiere un mayor trabajo de fracturamiento dentro del molino. El F 80 promedio en este periodo fué de 14,590 micrómetros y de Enero a Marzo fue de 13,781 micrómetros.

La razón por la que se alimentó carga mas gruesa a la etapa de molienda fué que se dejó fuera de operación la etapa cuaternaria de Trituración.

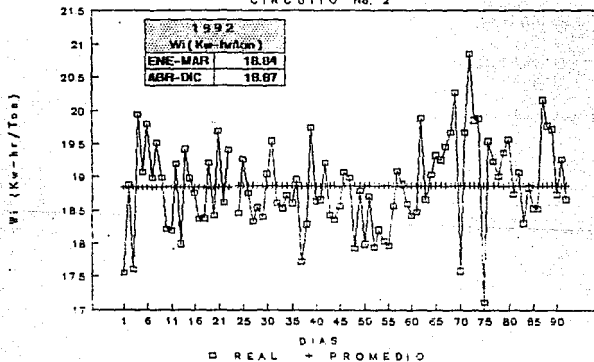


dl. - Wi (Kw-h/ton).

El índice de trabajo del mineral procesado en ambos periodos es muy similar, 18.84 de Enero-Marzo y 18.87 en Abril-Diciembre. Esta variable afecta al tph molido inversamente proporcional. A mayor Wi menor tph y a menor Wi mayor tph de mineral molido.

PROPIEDADES FISICAS DEL MINERAL

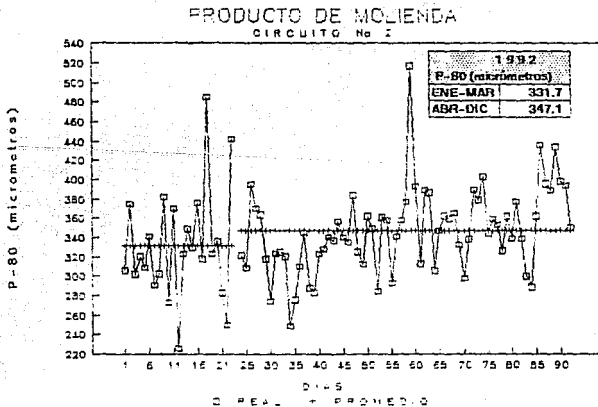
CIRCUITO No. 2



a). - P 80 (micrómetros).

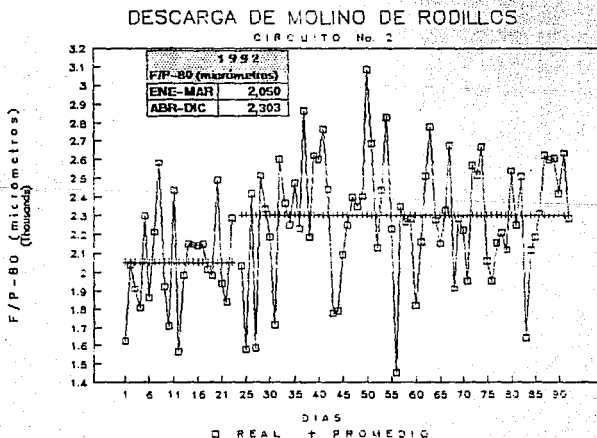
De Enero a Marzo fue 332 micrómetros y después de la optimización resultó de 347 micrómetros. El incremento del P 80 de acuerdo con Bond ayuda a incrementar el tonelaje de mineral molido.

Cabe mencionar que el mineral de Real de Angeles aun presenta una liberación adecuada a este P 80 y la recuperación de valores en la etapa de flotación no se ve afectada.



F1) - DESCARGA DE MOLINO DE RODILLOS (F/P 80)

Después de la modificación al circuito, se logró alimentar mayor tonelaje fresco a los molinos remoladores consecuentemente el Molino de Rodillos procesó mayor tph y esto se reflejó en la granulometría de su descarga, anteriormente el F/P 80 promedió 2,050 micrómetros y después resulta de 2,303 micrómetros.



g). - EFICIENCIA DE CLASIFICACION.

En el circuito de remoladores se incrementó substancialmente de 20.92% (tabla No.4) a 35.09 % (tabla No.24).

En el circuito cerrado de molino de bolas disminuye de 35.31 % (tabla No.4) a 26.91% (tabla No.24) debido principalmente a la granulometría mas gruesa alimentada a la batería de ciclones D-26 (compárese granulometrías en tablas No. 8 y 29).

Tabla No. 24
EFICIENCIA DE CLASIFICACION
Diagrama de Flujo Modificado.

MALLA	Baterías de ciclones			
	D-26	D-27A	D-15B	D-15C
35	31.52	42.95	48.48	43.77
50	29.88	34.47	40.95	37.76
80	26.96	30.34	36.92	34.90
100	25.72	29.02	35.90	34.27
150	24.35	27.28	34.15	32.88
200	23.01	25.45	31.72	30.49
PROMEDIO	26.91	31.59	38.02	35.68
REMOLEDORES	35.09			

b) - INFLUENCIA DE LAS VARIABLES BOND.

Para cuantificar la influencia en el tonelaje por hora molido de las variables Bond, se procedió de la forma siguiente:

Parámetros reales del periodo Enero-Marzo 92.

Wi -----18.84
 F 80 -----13,781
 P 80 -----332
 Kw-h consumidos ---5,121
 tph = 586.3

(Utilizando la ecuación No. 2)

Si ahora se utiliza el Wi del periodo Abril-Diciembre 92 :

Wi-----18.87
 F 80 -----13,781
 P 80 -----332
 Kw-h consumidos --- 5,121
 tph = 585.34

* influencia del Wi en el tph = -0.16

De igual manera para el F 80 :

Wi -----18.84
 F 80 -----14,590
 P 80 -----332
 Kw-h consumidos ---5,121
 tph = 583.25

* influencia del F 80 en el tph = -0.51

Variando ahora el P 80 :

W1 -----18.84
 F 80 -----13.781
 P 80 -----347
 Kw-h consumidos ----5,121
 tph = 601.84

% de influencia del P 80 en el tph = 2.66

El incremento de las variables W1 y F 80 disminuye la capacidad de molienda en 0.67 %.

El incremento del P 80 desde 332 micras hasta 347 micras, contribuye a incrementar el tph en 2.66 %.

Si se considera tal influencia conjunta de las tres variables en los datos reales del circuito No.2 de molienda, sin modificación el tph se incrementaría de 394.7 a 402.4.

Deduciendo al fin que el incremento neto de tph debido a la modificación es de 14.6 y representa el 3.7% de la producción total del circuito dos.

1) - ANALISIS ECONOMICO.

Finalmente se cuantificó el costo por tonelada molida para ambos periodos de estudio. Se consideró los principales rubros como consumo: de energía, de barra y de bola, de blindajes y el mantenimiento a bombas.

- Dls/ton Periodo Enero-Marzo 92	= 1.75
- Dls/ton periodo Abril-Diciembre 92	= 1.55
Ahorro	= 0.20 dls/ton
Ahorro diario	= 0.20 * 417.4 * 24 * 0.95
	= 1,903.3 dls
Ahorro Anual	= 1903.3 * 365
	= 694,705 dls

Tabla No. 25. - COSTO POR TONELADA MOLIDA.

PERIODO	NO MODIFICADO	MODIFICADO
	ENE-MAR 92	ABR- DIC 92
T.P.H.	394.7	417.4
1.- ENERGIA (Kw-h) :		
Rod-2	1914.00	1896.00
Bolas 2	2259.70	2314.00
Reol 1	315.30	258.90
Reol 2	322.30	345.50
Reol 3	309.10	359.90
Ts-19	25.61	25.61
Bomba 26	283.10	283.10
Bomba 77's	94.38	94.38
Bomba 85's	94.38	
Bomba 176's	94.38	
Lubricacion	21.94	21.94
Kw-h TOTAL	5734.19	5599.33
Kw-h/ton	14.53	13.41
Dls/ton	0.76	0.76
2.- MEDIOS DE MOLIENDA :		
Barra (Kg/ton)	0.58	0.49
Bola (Kg/ton)	0.42	0.44
Dls/ton barra	0.56	0.25
Dls/ton bola	0.21	0.27
3.- CONSUMO DE BLINDAJES :		
Barras 2 (dls/ton)	0.11	0.11
Bolas 2 (dls/ton)	0.02	0.02
Reol-1 (dls/ton)	0.10	0.02
Reol-2 (dls/ton)	0.12	0.05
Reol-3 (dls/ton)	0.11	0.08
Total (dls/ton)	0.46	0.27
MANTENIMIENTO BOMBAS :	0.03	0.01
COSTO TOTAL		
dls/ton	1.75	1.55

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

j).- PRODUCCION DE CONCENTRADOS.

Debido al incremento de 22.7 tpd en la producción de mollienda del circuito dos, también se incrementó en 4.4 tpd la producción de concentrados de plomo y en 5.4 tpd de concentrado de zinc.

Tabla No.26.- INCREMENTO EN LA PRODUCCION DE CONCENTRADOS.

Base de cálculo: 1 día de operación	CIRCUITO NO MODIFICADO ENE-MAR	CIRCUITO MODIFICADO ABR-DIC	INCREMENTO EN LA PRODUCCION
Mollienda (tpd)	9,270	9,727	457
Ley de Cabeza			
Ag (g/ton)	50.00	60.00	
Pb (%)	0.70	0.70	
Zn (%)	0.75	0.75	
Contenidos en cabeza			
Ag (Kg)	556.20	583.62	27.4
Pb (Ton)	64.89	68.09	3.2
Zn (Ton)	69.53	72.95	3.4
Recuperación			
Ag (%)	76.00	76.00	0.0
Pb (%)	82.00	82.00	0.0
Zn (%)	75.00	75.00	0.0
PRODUCCION			
Conc. de Plomo (tms)	88.68	93.05	4.4
Ag (g/ton)	4,766.55	4,766.55	0.0
Pb (%)	60.00	60.00	0.0
Zn (%)	1.50	1.50	0.0
Contenidos en conc. de Pb			
Ag (Kg)	422.71	443.55	20.8
Pb (Ton)	53.21	55.83	2.6
Zn (Ton)	52.14	54.71	2.6
Conc. de zinc (tms)	108.63	113.99	5.4
Ag (g/ton)	160.00	160.00	0.0
Pb (%)	1.50	1.50	0.0
Zn (%)	48.00	48.00	0.0
Contenidos en conc. de Zn			
Ag (Kg)	17.38	18.24	0.9
Pb (Ton)	1.63	1.71	0.1
Zn (Ton)	62.14	54.71	2.6

Tabla No. 27.- RESULTADOS DE LA OPERACION DEL CIRCUITO No. 2 DE MEDICINA DE ABRIL A DICIEMBRE DE 1992.
(OPERACION CON LA MODIFICACION FRECUENCIA)

No.	DIA	MI	ACOM	FASOR 79-80		790	MOS		M O L	MOS		MOS		P.D.	T.P.H.	P-1	P-2	P-3
				92-19	92-19		DIAS	DIAS		DIAS	DIAS	DIAS	DIAS					
1	18.46	18.87	17.714	1.035	303	301	12.72	12.64	9.657	23.7	24.0	414	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
2	19.27	18.87	17.781	1.540	303	309	12.50	12.51	9.952	23.6	24.0	422	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
3	18.76	18.87	14.858	4.118	303	355	12.40	12.64	9.738	23.4	24.0	416	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
4	18.34	18.87	14.000	5.066	303	370	12.59	12.64	9.605	23.4	24.0	405	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
5	18.31	18.87	14.250	4.750	303	353	12.55	12.64	9.637	23.5	24.0	437	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
6	18.41	18.87	14.280	4.720	303	318	11.95	12.64	10.131	23.6	24.0	426	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
7	19.05	18.87	13.821	4.185	303	274	12.29	12.64	9.860	22.6	24.0	433	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
8	19.54	18.87	11.394	7.115	303	273	14.28	12.64	8.991	24.0	24.0	375	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
9	18.82	18.87	15.077	1.601	303	325	17.55	12.64	9.571	23.7	24.0	412	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
10	18.54	18.87	15.157	1.665	303	329	13.21	12.64	9.703	23.9	24.0	425	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
11	18.72	18.87	15.785	2.049	303	249	13.57	12.64	10.144	24.0	24.0	423	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
12	18.61	18.87	17.035	2.472	303	276	12.93	12.64	9.828	23.7	24.0	411	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
13	18.96	18.87	16.500	2.190	303	319	12.72	12.64	9.763	23.1	24.0	415	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
14	18.74	18.87	15.721	1.864	303	345	12.93	12.64	9.779	24.0	24.0	431	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
15	18.29	18.87	15.022	1.185	303	268	17.24	12.64	10.213	23.7	24.0	433	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
16	19.75	18.87	15.276	1.631	303	283	12.74	12.64	10.121	23.8	24.0	423	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
17	19.64	18.87	15.652	1.650	303	372	12.39	12.64	10.156	24.0	24.0	423	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
18	18.66	18.87	15.743	1.785	303	328	12.44	12.64	10.328	23.7	24.0	421	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
19	19.22	18.87	15.178	1.443	303	340	12.32	12.64	10.231	23.7	24.0	429	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
20	18.42	18.87	15.668	1.774	303	357	12.45	12.64	10.073	23.1	24.0	478	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
21	18.35	18.87	15.771	1.787	303	357	13.14	12.64	9.483	23.6	23.8	498	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
22	18.54	18.87	15.753	1.785	303	357	13.71	12.64	9.285	23.5	24.0	474	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
23	18.99	18.87	14.405	2.749	303	325	13.77	12.64	9.541	23.4	23.7	462	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
24	18.89	18.87	14.251	2.400	303	304	12.85	12.61	9.957	23.9	24.0	416	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
25	18.93	18.87	14.307	2.348	303	375	17.51	12.84	10.263	24.0	24.0	482	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
26	18.73	18.87	15.189	2.064	303	377	17.51	12.84	9.553	23.9	24.0	235	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
27	17.69	18.87	15.519	2.083	303	362	12.72	12.64	9.455	23.9	24.0	413	23.9	23.9	24.0	24.0	24.0	24.0
28	18.71	18.87	13.688	1.686	303	349	17.79	12.64	9.888	23.6	24.0	415	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
29	17.85	18.87	16.057	1.177	303	285	13.75	12.64	9.047	23.1	24.0	409	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
30	18.93	18.87	15.859	1.437	303	341	12.64	12.64	10.105	23.6	23.9	425	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
31	18.23	18.87	15.489	1.654	303	377	13.91	12.64	10.025	23.5	24.0	422	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
32	17.57	18.87	17.256	2.731	303	293	13.83	12.64	9.841	24.0	24.0	410	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
33	18.56	18.87	17.196	1.456	303	341	13.90	12.64	9.247	23.7	24.0	388	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
34	19.10	18.87	14.854	3.048	303	356	13.74	12.64	9.454	24.0	24.0	394	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
35	18.83	18.87	15.489	1.654	303	377	13.91	12.64	9.198	23.6	24.0	425	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
36	18.62	18.87	15.583	1.776	303	517	13.50	12.64	9.466	23.4	23.8	401	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
37	18.43	18.87	15.532	1.813	303	293	12.69	12.64	9.832	24.0	24.0	411	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
38	18.40	18.87	15.554	1.781	303	313	13.56	12.61	9.223	24.0	24.0	387	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
39	19.08	18.87	15.184	1.510	303	365	12.73	12.64	9.545	24.0	24.0	402	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
40	18.66	18.87	15.601	1.714	303	356	13.97	12.51	9.207	23.9	24.0	384	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
41	19.04	18.87	15.285	1.476	303	306	13.26	12.64	9.100	23.9	24.0	380	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
42	19.33	18.87	15.932	1.150	303	347	12.23	12.64	10.315	23.7	24.0	424	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
43	19.24	18.87	15.851	1.283	303	363	12.19	12.64	10.135	23.0	24.0	431	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
44	19.48	18.87	14.309	2.676	303	360	12.36	12.64	9.850	23.0	24.0	417	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
45	19.67	18.87	10.077	1.911	303	385	13.84	12.64	9.274	13.5	14.3	274	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
46	20.26	18.87	12.945	2.883	303	333	13.19	12.64	9.159	23.1	23.3	395	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
47	17.53	18.87	15.853	1.221	303	299	17.80	12.64	9.774	23.8	24.0	406	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
48	20.86	18.87	13.631	1.654	303	338	12.80	12.64	10.285	23.8	23.9	431	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
49	20.80	18.87	14.504	2.589	303	389	12.83	12.64	9.704	24.0	24.0	404	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
50	19.33	18.87	15.287	1.515	303	379	17.06	12.64	9.891	23.8	22.6	483	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
51	19.88	18.87	15.581	1.368	303	483	10.52	12.64	11.068	23.5	24.0	462	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
52	19.31	18.87	15.310	1.657	303	344	12.74	12.64	9.640	24.0	24.0	414	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
53	19.54	18.87	13.968	1.951	303	359	12.48	12.64	9.857	23.9	24.0	413	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
54	19.23	18.87	13.948	1.151	303	353	15.01	12.64	1.444	18.0	18.0	275	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
55	19.00	18.87	15.541	1.296	303	225	13.56	12.64	1.916	20.4	20.7	388	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
56	19.37	18.87	15.581	1.368	303	363	12.74	12.64	1.488	17.4	17.4	388	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
57	19.57	18.87	15.796	1.540	303	339	17.46	12.64	10.353	23.7	24.0	435	23.7	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
58	19.71	18.87	14.187	2.245	303	377	12.06	12.64	10.218	22.9	23.1	441	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
59	18.41	18.87	14.971	1.812	303	359	17.52	12.64	10.245	23.5	24.0	431	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
60	18.84	18.87	15.079	1.846	303	300	13.04	12.64	9.540	23.4	24.0	410	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
61	18.54	18.87	16.177	1.118	303	289	17.15	12.64	10.268	23.2	24.0	435	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
62	18.46	18.87	13.896	2.185	303	362	11.46	12.64	10.748	23.7	24.0	451	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
63	18.53	18.87	15.628	1.319	303	436	11.59	12.64	10.876	24.0	24.0	399	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
64	20.38	18.87	14.835	1.118	303	399	13.04	12.64	9.584	23.5	24.0	444	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
65	19.71	18.87	15.946	1.597	303	385	13.25	12.64	9.491	23.6	24.0	389	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
66	19.72	18.87	14.240	1.607	303	434	12.63	12.64	9.855	23.8	24.0	412	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
67	18.41	18.87	16.057	1.177	303	396	12.74	12.64	9.623	23.6	24.0	404</						

CONTINUACION TABLA No. 27.

No.	HS-2 IV	HS-2 IV	HS-2 IV	HS-2 IV	HS-1 IV	HS-2 IV	HS-3 IV	W oper Co-2 Co-1/Co-2	Indice Co-2 Co-1/Co-2
1	46,600	1,950	55,900	2,329	324.3	330.8	333.8	28.91	1.46
2	45,800	1,841	55,600	2,317	343.6	317.8	330.1	25.53	1.34
3	45,400	1,840	54,600	2,275	315.3	311.3	324.3	22.46	1.37
4	42,100	1,799	55,900	2,329	311.3	324.3	337.3	28.91	1.58
5	43,100	1,834	54,800	2,283	330.5	324.3	330.6	26.27	1.42
6	42,900	1,818	55,100	2,217	363.2	337.3	350.2	25.06	1.36
7	43,000	1,835	55,100	2,266	336.7	337.3	350.2	27.17	1.35
8	41,500	1,779	57,400	2,391	317.6	324.3	337.3	29.72	1.52
9	42,300	1,785	56,700	2,363	350.2	356.7	356.7	26.73	1.44
10	45,900	1,921	57,100	2,379	337.3	356.2	356.2	27.50	1.48
11	46,200	2,342	55,999	2,311	360.2	363.2	350.2	24.43	1.31
12	46,400	1,954	54,550	2,283	356.7	363.2	356.7	21.62	1.32
13	42,800	1,853	56,400	2,350	356.7	356.2	363.2	25.95	1.37
14	41,000	1,833	57,200	2,363	356.2	356.2	356.2	29.15	1.62
15	43,500	1,835	57,600	2,400	356.7	356.2	356.7	24.12	1.37
16	44,700	1,878	58,300	2,429	363.2	363.2	363.2	21.82	1.26
17	42,900	1,786	58,900	2,371	356.7	363.2	363.2	26.98	1.40
18	42,600	1,797	57,900	2,375	356.7	356.2	356.7	25.57	1.42
19	42,600	1,806	57,900	2,368	363.2	363.2	363.2	26.11	1.38
20	42,700	1,848	56,300	2,371	356.7	374.2	374.2	26.80	1.45
21	42,100	1,863	57,400	2,412	356.7	363.2	363.2	29.21	1.59
22	42,400	2,017	59,700	2,492	356.7	356.7	356.7	22.48	1.53
23	44,100	1,885	57,400	2,422	366.7	374.2	374.2	28.57	1.51
24	44,100	1,858	57,400	2,386	363.2	363.2	363.2	29.11	1.51
25	45,600	1,900	59,400	2,475	363.2	363.2	343.6	26.67	1.49
26	41,700	1,745	58,400	2,517	350.2	337.3	350.2	22.15	1.18
27	43,300	1,895	57,800	2,467	343.3	343.6	353.2	28.40	1.56
28	44,700	1,779	58,900	2,416	356.7	363.2	374.2	26.18	1.49
29	43,500	2,023	58,400	2,390	356.7	363.2	367.7	26.78	1.49
30	47,600	2,025	54,100	2,254	350.2	356.7	367.7	26.84	1.57
31	47,600	1,907	54,100	2,236	356.7	363.2	369.2	28.27	1.57
32	45,700	1,975	55,900	2,354	337.3	356.2	359.2	25.37	1.42
33	47,500	1,983	55,900	2,325	356.7	317.8	407.1	28.87	1.61
34	45,300	2,013	56,100	2,350	363.2	398.4	389.2	30.78	1.51
35	46,200	1,962	58,100	2,336	363.2	374.2	367.7	27.44	1.72
36	45,000	1,966	58,400	2,361	356.7	363.2	359.7	28.02	1.64
37	44,900	1,871	58,996	2,333	360.2	363.2	363.2	31.06	1.68
38	44,000	1,833	55,600	2,317	363.2	356.7	374.2	26.28	1.53
39	45,000	1,878	56,800	2,333	369.7	363.2	374.2	31.78	1.50
40	46,400	1,941	54,100	2,338	356.2	363.2	374.2	33.20	1.78
41	41,800	1,749	53,500	2,225	350.2	356.7	356.7	27.54	1.45
42	42,300	1,785	55,500	2,313	355.7	363.2	363.2	29.73	1.38
43	42,900	1,855	55,600	2,317	356.7	356.7	363.2	27.72	1.44
44	43,700	1,900	54,600	2,278	356.2	356.2	356.2	27.92	1.43
45	45,200	1,877	57,300	2,259	363.2	366.7	369.7	27.84	1.66
46	42,600	1,844	53,100	2,279	356.7	356.7	369.7	28.66	1.41
47	44,330	1,861	55,900	2,297	369.7	350.2	363.2	25.83	1.46
48	46,855	1,858	55,900	2,326	369.7	374.2	356.7	27.30	1.28
49	44,100	1,830	54,100	2,244	363.2	366.7	366.7	26.22	1.42
50	40,600	1,835	51,600	2,296	369.7	356.7	363.2	28.33	1.43
51	44,300	1,854	48,000	2,317	363.2	356.7	369.7	25.20	1.27
52	42,600	1,750	58,000	2,333	369.7	369.7	369.7	25.67	1.50
53	41,700	1,745	58,000	2,369	363.2	369.7	369.7	28.15	1.47
54	38,700	2,150	46,700	2,363	363.2	356.7	369.7	33.53	1.74
55	38,400	1,682	47,600	2,300	363.2	356.7	369.7	29.24	1.51
56	46,700	1,907	58,700	2,423	395.7	374.2	350.2	29.00	1.50
57	47,300	1,896	58,800	2,400	369.7	374.2	343.6	24.48	1.47
58	44,300	1,834	55,300	2,363	369.7	374.2	337.3	28.02	1.50
59	46,000	1,957	57,400	2,352	367.7	374.2	343.6	27.13	1.42
60	45,600	1,974	55,100	2,360	369.7	337.8	350.2	26.62	1.45
61	43,100	1,871	54,900	2,333	367.7	311.3	367.7	25.92	1.41
62	43,600	1,840	54,700	2,279	365.2	317.8	337.3	25.99	1.40
63	45,100	1,872	55,300	2,304	369.2	317.8	337.3	29.67	1.60
64	41,700	1,813	54,800	2,322	369.2	324.3	343.6	32.35	1.51
65	49,500	2,007	57,100	2,471	369.2	343.6	369.2	30.60	1.60
66	42,600	1,786	58,580	2,354	369.2	374.2	374.2	31.89	1.62
67	42,500	1,801	55,300	2,304	356.7	374.2	363.2	30.55	1.63
68	43,100	1,828	56,100	2,338	337.3	363.2	374.2	30.15	1.56
69	43,800	1,837	55,600	2,367	350.2	369.7	317.8	27.82	1.49
PROMIO	1,896	2,314	358.9	245.5	259.9	27.84	1.48		
MAXIMO	2,342	2,492	395.7	374.2	407.1	36.02	2.04		
MINIMO	1,745	1,517	311.3	278.9	317.8	22.15	1.18		

C A P I T U L O 6

C O N C L U S I O N E S

B I B L I O G R A F I A

Y

A N E X O S

6.1.- CONCLUSIONES.

a).- El objetivo del trabajo de utilizar al máximo la capacidad de molienda instalada fue logrado con la modificación del sistema de bombeo y clasificación en el circuito de remoladores.

b).- La teoría de F. C. Bond fue suficiente para determinar la capacidad de los molinos remoladores pues los resultados calculados en la alternativa de optimización concuerdan con la práctica actual.

c).- El análisis económico demuestra que la modificación disminuyó los costos de molienda en el circuito No.2 desde 1.75 a 1.55 ds/ton. Con esto hay un ahorro aproximado de 694,705 dolares al año.

d).- Así mismo se logró incrementar la producción en molienda de 394.7 a 417.4 ton/hr de mineral y consecuentemente también se incrementó la producción de concentrado de plomo en 1,606 toneladas secas y en 1,971 toneladas secas de concentrado de zinc por año.

e).- La modificación del circuito de molienda incrementó: La eficiencia del proceso, la eficiencia de clasificación, la eficiencia del consumo de energía referido al Kw-hr/tonelada de mineral molido y la producción de concentrados.

f).- La modificación del circuito de molienda disminuyó : El costo de energía consumida por tonelada procesada, el consumo de barra y blindajes en g/ton, el número de clasificadores, el número de cajones colectores de pulpa en el sistema descarga de molino/alimentación a ciclones D-15.

6.2.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- A. L. Mular y Norman A. Jull. " *Design, Installation of Comminution Circuits*", May 1988, A.I.M.E..
- 2.- F. C. Bond " *Crushing and Grinding Calculations, Publications Num. 07R9235B, Allis Chalmers, January 2, 1961. Milwaukee, Wis.*
- 3.-Wills, B. A. " *Cominución en Tecnología de Procesamiento de Minerales*", 1987
- 4.- Wills, B. A. " *Clasificación* " Cap. 9, 1987.
- 5.- Mular y Norman " *Selección de Ciclones, Bombas y Cajas de Bombas para Circuitos de Molienda*", May 1988. A.I.M.E.
- 6.- Helmut Trawinski, " *Theory, Applications and Practical Operation of Hidrocyclones. E/MJ, Septiembre 1976.*
- 7.- Hukki R.T. " *An Analysis of Mill and Classifier Performance in a Closed Grinding Circuit*", *Society of Mining Engineers* 1967.
- 8.- Hill, Robert B. " *Selection and Sizing of Gravity Classifiers*" A.I.M.E. 1988.
- 9.- Mojardín H. " *Teoría y Prácticas de Trituración y Molienda*". *Comosión de Fomento Minero.*

6.3. - ANNEXOS

GRAVEDAD ESPECIFICA (S_R).

La gravedad específica es una comparación de la relación del peso específico de cualquier material a el de un material estandar. El agua a 60 grados Fahrenheit es el estandar normalmente utilizado para líquidos.

Las características de funcionamiento para bombas son determinadas usando agua con una gravedad específica de 1.0, y las curvas de funcionamiento son inducidas por esta base.

PRESION ATMOSFERICA (P_a).

La fuerza externa sobre una unidad de área ejercida por el peso de la atmosfera es la presión atmosférica. Al nivel del mar es de 14.7 psi.

PRESION RELATIVA (P_r).

Esta presión es medida y es la diferencia entre una presión dada y la presión atmosférica. La presión relativa es la presión absoluta menos la presión atmosférica.

PRESION ABSOLUTA (P_a).

La presión absoluta en el vacío es definida como cero. La presión absoluta de la atmósfera a nivel del mar es 14.7 psi.

PRESION DE VAPOR (P_v).

La presión de vapor de un líquido a una temperatura específica es la presión a la cuál el líquido está en equilibrio con la atmosfera o con su vapor en un recipiente cerrado.

CAPACIDAD DE LA BOMBA (Q).

Es la velocidad de flujo capaz de ser manejada por la bomba expresada en galones por minuto (usgpm).

T_{DH}.- Cabeza total dinámica expresada en pies (ft) de líquido bombeado.

h_s.- Cabeza de succión total (positiva o negativa) expresada en pies de líquido bombeado.

h_d.- Cabeza de descarga total expresada en pies de líquido bombeado.

h_v.- Cabeza dinámica es la energía cinética debido a la velocidad del líquido.

CABEZA NETA DE SUCCION POSITIVA (NPSH).

Una de las mas importantes consideraciones en selección y aplicación de una bomba centrífuga es la habilidad de el sistema para abastecer líquido a la succión de la bomba. NPSH representa esta habilidad y es oficialmente definida por el Instituto de Estándares Hidraulicos como "la cabeza de succión total expresado en pies de líquido absoluto, determinada a la succión de la bomba, menos la presión de vapor de el líquido en pies absoluta".

NPSHA.- Cabeza neta de succión positiva disponible de la bomba.

NPSHR.- Cabeza neta de succión positiva requerida por la bomba en lado succión para vencer las pérdidas por fricción y flujo después de la entrada a la bomba. Esta parámetro puede variar según el diseño de la bomba, tamaño de la bomba, y condiciones de operación.

Las tablas que a continuación se muestran, contienen: los análisis granulométricos, cálculo de flujos máscicos y balance agua-pulpa correspondientes al muestreo realizado al Circuito No.2 de Molienda despues de la modificación.

Tabla No. 28

GRANULOMETRIA ALIMENTADA AL MOLINO DE RODILLOS
(T E - 1 9)
DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO

Malla	Peso retenido		% Acumulado	
	(grs)	(%)	{ + }	{ - }
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	1,088	8.06	8.06	91.94
1/2"	3,453	25.59	33.65	66.35
3/8"	2,172	16.10	49.74	50.26
1/4"	1,790	13.27	63.01	36.99
M4	1,436	10.64	73.65	26.35
-M4	3,556	26.35	100.00	
Total	13,493	100.00	F 80 = 16,043 micrómetros	

Tabla No. 29

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA
(MOLINOS 15' X 20')**

DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO

FLUJOS	Desc. Flot 2	Desc. Bolas 2	Alm. D-26	Desc. D-26	Desc. D-26	Desc. TOTAL
% SÓLIDOS	79	75.5	72.15	75.5	58	58.8
F 6 PPG (micrómetros)	2,204	1,332	1,504	1,895	381	379
MALLA	% ACUMULADO NEGATIVO					
6	93.27	96.49	95.75	94.43		
10	77.63	89.77	86.97	81.61		
16	61.14	78.13	74.21	65.30		
20	52.33	68.75	64.97	55.07	100.00	100.00
35	40.45	51.99	49.33	39.41	87.60	87.85
50	31.53	38.40	36.82	28.26	73.04	73.85
80	24.54	28.59	27.66	21.15	59.31	59.33
100	22.23	25.46	24.72	19.01	54.22	54.16
150	19.35	21.80	21.23	16.39	46.77	46.73
200	16.84	18.75	18.31	14.16	38.48	38.62
	% RETENIDO					
6	6.73	3.51	4.25	5.57		
10	15.64	6.71	8.77	12.82		
16	16.49	11.65	12.76	16.30		
20	8.81	9.38	9.24	10.23		
35	11.88	16.76	15.64	15.66	12.40	12.15
50	8.93	13.68	12.51	11.15	13.76	14.00
80	6.99	9.81	9.16	7.11	14.52	14.53
100	2.31	3.13	2.94	2.15	5.10	5.17
150	2.88	3.67	3.49	2.62	7.44	7.43
200	2.51	3.05	2.92	2.23	8.30	8.11
-200	16.84	18.75	18.31	14.16	38.48	38.62
	PESO RETENIDO EN CADA MALLA (grs)					
6	29.20	13.60	15.3	20.00		
10	67.80	26.00	31.6	46.00		
16	71.50	45.10	45.9	58.50		
20	38.20	36.30	33.3	36.70		
35	51.50	64.90	56.3	56.20	27.50	28.86
50	38.70	52.60	45.0	40.00	30.50	33.26
80	30.30	38.00	33.0	25.50	32.20	34.52
100	10.00	12.10	10.6	7.70	11.30	12.28
150	12.50	14.20	12.6	9.40	16.50	17.65
200	10.90	11.80	10.5	8.00	18.40	19.27
-200	73.00	72.60	65.9	50.80	85.30	91.77
TOTAL	433.60	387.20	360.0	358.80	221.70	237.61

Tabla No. 30

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA
(MOLINOS 8' x 14')

DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO

FLUJOS	Descarga de Remoladores					Añm. D-15
	Añm. Remol	Remol 1	Remol 2	Remol 3	Total	
% SÓLIDOS	73	77.5	77	77.5	77.3	71.3
F á PDO (micrómetros)	1,479	768	419	485	508	091
MALLA	% ACUMULADO NEGATIVO					
6	95.12	97.96	99.58	99.20	96.91	97.26
10	86.61	95.28	98.82	98.16	97.42	92.71
16	75.18	88.08	95.86	95.49	93.74	85.66
20	66.97	82.79	94.20	92.12	89.70	79.01
35	52.61	68.45	85.01	81.93	78.46	67.21
50	39.91	53.02	70.50	66.70	63.43	53.19
80	30.13	39.61	54.61	50.72	48.31	40.40
100	26.79	35.06	48.73	45.10	42.96	35.92
150	22.98	29.70	41.19	38.03	36.30	30.50
200	19.64	25.09	34.60	31.82	30.50	25.77
	% RETENIDO					
6	4.88	2.04	0.42	0.80	1.09	2.74
10	8.52	2.68	0.76	1.04	1.49	4.55
16	11.42	6.41	1.94	2.67	3.68	7.05
20	8.22	6.08	2.66	3.37	4.04	5.86
35	14.36	14.34	9.19	10.19	11.24	12.60
50	12.69	15.44	14.51	15.15	15.03	14.01
80	9.79	13.40	15.89	16.07	15.12	12.80
100	3.34	4.56	5.88	5.61	5.35	4.48
150	3.81	5.36	7.54	7.08	6.66	5.42
200	3.34	4.61	6.58	6.20	5.80	4.73
-200	19.64	25.09	34.60	31.82	30.50	25.77
	PESO RETENIDO EN CADA MALLA (grs)					
6	14.60	7.60	1.50	3.40	4.0	5.2
10	25.50	10.00	2.70	4.40	5.4	8.7
16	34.20	23.90	7.00	11.30	13.4	13.4
20	24.60	22.70	9.50	14.30	14.8	11.2
35	43.00	53.50	32.80	43.20	41.1	24.0
50	38.00	57.60	51.80	64.20	54.9	26.7
80	29.30	50.00	56.70	68.10	55.2	24.4
100	10.00	17.00	21.00	23.80	19.5	8.5
150	11.40	20.00	26.90	30.00	24.3	10.3
200	10.00	17.20	23.50	26.30	21.2	9.0
-200	58.80	93.60	123.50	134.90	111.4	49.2
TOTAL	299.40	373.10	356.90	423.90	365.30	196.7

Tabla No. 31.- ANALISIS GRANULOMETRICO DEL CIRCUITO No. 2 DE MOLIENDA
(MOLINOS 8' X 14')

DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO

FLUJOS	Descarga de ciclones D-15				Derrame de ciclones D-15			
	D-15A	D-15B	D-15C	Total	D-15A	D-15B	D-15C	Total
% SÓLIDOS	77.5	77	77.5	77.3	64.5	62	62	63.5
F ó P ₀₄ (micrómetros)	1,560	1725	1,508	1,505	395	349	379	373
MALLA								
% ACUMULADO NEGATIVO.								
6	96.51	93.79	96.03	95.45				
10	87.07	84.14	87.22	86.14				
16	73.41	71.21	73.65	72.76				
20	64.41	62.25	64.46	63.71	100.00	100.00	100.00	100.00
35	49.69	47.67	49.10	48.82	87.80	90.79	87.86	88.82
50	37.02	35.07	35.88	35.99	71.47	76.50	73.77	73.91
80	27.08	25.31	25.40	25.93	56.59	62.03	59.51	59.37
100	23.95	22.10	22.10	22.72	51.04	56.47	54.29	53.93
150	20.36	18.54	18.38	19.09	43.95	48.03	46.90	46.56
200	17.30	15.86	15.23	16.13	37.23	41.43	38.84	39.17
% RETENIDO								
6	3.49	6.21	3.97	4.55				
10	9.44	9.66	8.81	9.30				
16	13.66	12.92	13.57	13.38				
20	9.00	8.96	9.19	9.05				
35	14.72	14.58	15.36	14.89	12.20	9.21	12.14	11.18
50	12.67	12.60	13.22	12.83	16.33	14.29	14.09	14.90
80	9.93	9.76	10.48	10.06	14.89	14.47	14.26	14.54
100	3.13	3.21	3.31	3.22	5.54	5.56	5.22	5.44
150	3.60	3.56	3.71	3.62	7.09	7.63	7.39	7.37
200	3.05	2.68	3.15	2.96	6.72	7.41	8.06	7.40
-200	17.30	15.86	15.23	16.13	37.23	41.43	38.84	39.17
PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gms)								
6	13.50	23.20	12.60	16.0				
10	36.50	36.10	28.00	32.8				
16	52.80	48.30	43.10	47.1				
20	34.80	33.50	29.20	31.9				
35	56.90	54.50	48.80	52.4	36.30	24.50	28.60	29.82
50	49.00	47.10	42.00	45.2	48.60	38.00	33.20	39.75
80	38.40	36.50	33.30	35.4	44.30	38.50	33.60	38.78
100	12.10	12.00	10.50	11.3	16.50	14.80	12.30	14.52
150	13.90	13.30	11.80	12.8	21.10	20.30	17.40	19.65
200	11.80	10.00	10.00	10.4	20.00	19.70	19.00	19.73
-200	66.90	59.30	48.40	56.8	110.80	110.20	91.50	104.45
TOTAL	386.60	373.80	317.70	352.00	297.60	266.00	235.60	266.70

RESULTADOS DEL MUESTRO AL CIRCUITO No. 2 DESPUES DE LA MODIFICACION.

Tabla No. 32. - CALCULO DE FLUJO MASICO EN MOLINOS 15" X 20".

Etapa	Desc.	Desc.	Total	Kmol	Kmol	Total	Alia.	Alia.	Total	Grosos	Grosos	Total	Derr.	Derr.	Total
	Kod-2	Bolas 2	Molinos	Kod-2	Bolas 2 a Real		D-26	D-26	D-26						
1	394.8	0.0	394.8	68.0	0.0	68.0	326.8	0.0	326.8	300.8	0.0	300.6	26.2	0.0	26.2
2	394.8	300.6	695.4	68.0	15.0	83.0	326.8	285.6	612.4	300.6	223.0	523.6	26.2	62.6	88.8
3	394.8	523.8	918.6	68.0	15.0	83.0	326.8	508.8	835.4	300.6	337.2	697.8	26.2	111.4	137.6
4	394.8	897.8	1,092.6	68.0	15.0	83.0	326.8	682.8	1,009.8	300.6	533.3	833.9	26.2	149.6	175.8
5	394.8	833.9	1,228.7	68.0	15.0	83.0	326.8	818.9	1,145.7	300.6	639.5	940.1	26.2	179.3	205.6
6	394.8	940.1	1,334.9	68.0	15.0	83.0	326.8	925.1	1,251.9	300.6	722.5	1,023.1	26.2	202.6	228.8
7	394.8	1,023.1	1,417.9	68.0	15.0	83.0	326.8	1,005.1	1,334.9	300.6	787.3	1,087.9	26.2	220.8	247.0
8	394.8	1,087.9	1,482.7	68.0	15.0	83.0	326.8	1,072.9	1,399.7	300.6	837.9	1,138.5	26.2	235.0	261.2
9	394.8	1,138.5	1,533.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,123.5	1,450.3	300.6	877.4	1,178.0	26.2	246.1	272.3
10	394.8	1,178.0	1,572.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,163.0	1,489.8	300.6	908.3	1,208.9	26.2	254.7	280.9
11	394.8	1,208.9	1,603.7	68.0	15.0	83.0	326.8	1,193.0	1,520.7	300.6	932.4	1,233.0	26.2	261.5	287.0
12	394.8	1,233.0	1,627.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,218.0	1,544.8	300.6	951.2	1,251.8	26.2	266.6	293.0
13	394.8	1,251.8	1,646.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,236.8	1,563.6	300.6	965.9	1,266.5	26.2	270.9	297.1
14	394.8	1,266.5	1,661.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,251.5	1,578.3	300.6	977.4	1,278.0	26.2	274.1	300.3
15	394.8	1,278.0	1,672.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,263.0	1,589.8	300.6	988.4	1,287.0	26.2	276.6	302.8
16	394.8	1,287.0	1,681.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,272.0	1,598.8	300.6	993.4	1,294.0	26.2	278.6	304.8
17	394.8	1,294.0	1,688.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,279.0	1,605.8	300.6	998.9	1,299.5	26.2	280.1	306.3
18	394.8	1,299.5	1,694.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,284.5	1,611.3	300.6	1,003.1	1,303.7	26.2	281.3	307.5
19	394.8	1,303.7	1,698.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,288.7	1,615.5	300.6	1,006.5	1,307.1	26.2	282.3	308.5
20	394.8	1,307.1	1,701.9	68.0	15.0	83.0	326.8	1,292.1	1,618.9	300.6	1,009.1	1,309.7	26.2	283.0	309.2
21	394.8	1,309.7	1,704.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,294.7	1,621.5	300.6	1,011.1	1,311.7	26.2	283.6	309.8
22	394.8	1,311.7	1,705.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,228.7	1,623.5	300.6	1,012.7	1,313.3	26.2	284.0	310.2
23	394.8	1,313.3	1,708.1	68.0	15.0	83.0	326.8	1,238.3	1,625.1	300.6	1,013.9	1,314.5	26.2	284.4	310.6
24	394.8	1,314.5	1,709.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,299.5	1,626.3	300.6	1,014.9	1,315.5	26.2	284.6	310.8
25	394.8	1,315.5	1,710.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,300.5	1,627.3	300.6	1,015.7	1,316.3	26.2	284.8	311.0
26	394.8	1,316.3	1,711.1	68.0	15.0	83.0	326.8	1,301.3	1,628.1	300.6	1,016.3	1,316.9	26.2	285.0	311.2
27	394.8	1,316.9	1,711.7	68.0	15.0	83.0	326.8	1,301.9	1,628.7	300.6	1,016.7	1,317.3	26.2	285.1	311.3
28	394.8	1,317.3	1,712.1	68.0	15.0	83.0	326.8	1,302.3	1,629.1	300.6	1,017.1	1,317.7	26.2	285.2	311.4
29	394.8	1,317.7	1,712.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,302.7	1,629.5	300.6	1,017.4	1,318.0	26.2	285.3	311.5
30	394.8	1,318.0	1,712.8	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.0	1,629.8	300.6	1,017.6	1,318.2	26.2	285.4	311.6
31	394.8	1,318.2	1,713.0	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.2	1,630.0	300.6	1,017.8	1,318.4	26.2	285.4	311.6
32	394.8	1,318.4	1,713.2	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.3	1,630.2	300.6	1,017.9	1,318.5	26.2	285.5	311.7
33	394.8	1,318.5	1,713.3	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.5	1,630.3	300.6	1,018.0	1,318.6	26.2	285.5	311.7
34	394.8	1,318.6	1,713.4	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.6	1,630.4	300.6	1,018.1	1,318.7	26.2	285.5	311.7
35	394.8	1,318.7	1,713.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.7	1,630.5	300.6	1,018.1	1,318.7	26.2	285.5	311.7
36	394.8	1,318.7	1,713.5	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.7	1,630.5	300.6	1,018.2	1,318.8	26.2	285.5	311.8
37	394.8	1,318.8	1,713.6	68.0	15.0	83.0	326.8	1,303.8	1,630.6	300.6	1,018.2	1,318.8	26.2	285.6	311.8

RESULTADOS DEL MUESTREO AL CIRCUITO No.2 DESPUES DE LA MODIFICACION.

Tabla No.33. - CALCULO DE FLUJO MASICO EN REMOLEDORES.

Etapas	Alim.	Desc.	Total Gruesos			Total	Derr.	Derr.	Total	tph
	Fresca	Remol's	Alim. D-15A	Alim. Fresca	Remol's	Gruesos	Alim. Fresca	Remol's Derrame		
1	83.0	0.0	83.0	73.1	0.0	73.1	9.9	0.0	9.9	73.1
2	83.0	73.1	156.1	73.1	23.5	96.6	9.9	49.8	59.5	23.5
3	83.0	96.6	179.6	73.1	31.0	104.1	9.9	65.5	75.4	7.8
4	83.0	104.1	187.1	73.1	33.5	106.5	9.9	70.6	80.6	2.4
5	83.0	106.5	189.5	73.1	34.3	107.3	9.9	72.3	82.2	0.8
6	83.0	107.3	190.3	73.1	34.5	107.6	9.9	72.8	82.7	0.3
7	83.0	107.6	190.6	73.1	34.6	107.7	9.9	73.0	82.9	0.1
8	83.0	107.7	190.7	73.1	34.6	107.7	9.9	73.0	83.0	0.0

Tabla No. 34

**BALANCE AGUA - PULPA EN CIRCUITO DOS DE MOLIENDA.
(DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO)**

FLUJO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	MINERAL tod	SOLIDOS t	PULPA ton/día (1/2)	PULPA usqp (10/5.45)	AGUA usqp m ³ /día (3-1)	AGUA usqp (5/5.45)	MINERAL G.E.	AGUA m ³ DILUCION + Agreg. - Recup.	SOLIDOS VOLUMEN m ³ (1/7)	PULPA VOLUMEN m ³ (5+9)
MINERAL FRESCO	9,475	98.7	9,600	667	125	22.9	2.7	2,394	3,599	3,634
AGUA DE ALIMENTACION										
DESCARGA RODILLOS	9,475	79.0	11,994	1,106	2,519	462.2	2.7		3,509	6,028
DESC. BOLAS	31,651	75.5	41,922	4,036	10,271	1,884.6	2.7		11,723	21,994
AGUA DE DILUCION								3,637		
TOTAL MOLINOS 15' X 20'	41,126	71.5	57,553	5,809	16,427	3,014.0	2.7		15,232	31,659
ALIMENTACION D-26	39,134	71.4	54,824	5,538	15,690	2,878.9	2.7		14,494	30,181
DESCARGA D-26	31,651	75.5	41,922	4,036	10,271	1,884.6	2.7		11,723	21,994
DERRAME D-26	7,483	59.0	12,902	1,503	5,419	994.3	2.7		2,772	8,190
ALIMENTACION A MOLINOS B' X 14'	1,992	73.0	2,729	271	737	135.2	2.7		738	1,475
BALANCE EN MOLINOS REMOLEDORES										
ALIMENTACION FRESCA	1,992	73.0	2,729	271	737	135.2	2.7	408	738	1,475
DESC. REMOLEDORES	2,585	77.3	3,344	315	759	139.3	2.7			957
AGUA DE DILUCION										
ALIMENTACION D-15	4,577	70.6	6,481	660	1,904	349.4	2.7		1,595	3,599
DESCARGA D-15	2,585	77.3	3,344	315	759	139.3	2.7		957	1,716
DERRAME D-15	1,992	63.5	2,137	345	1,145	210.1	2.7		738	1,883
DERRAME FINAL CTO-2 (FINOS D-26+FINOS D-15)	9,475	59.1	16,039	1,848	6,564	1,204.4	2.7		3,509	10,073