

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



“CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CHANCADO EN UNA PLANTA CONCENTRADORA”

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

CARMEN MARIA RODRIGUEZ VASQUEZ

LIMA – PERÚ

2010

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño.

**A Dios por la vida y regalarme una familia
maravillosa.**

**A mis padres Edwin y María, quienes me
dieron la vida, y son fuente de mi inspiración.
Gracias por todo a ti papá y mamá por darme
una carrera y por creer en mí; gracias porque
ustedes son base de mi vida profesional.**

**A mis hermanos Fernando, Karin y Diego por
sus consejos, por compartir sus experiencias y
estar siempre a mi lado.**

A mis amigos por los momentos compartidos.

INDICE

CAPITULO I:

INTRODUCCION

1.1. OBJETIVOS	1
----------------	---

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS DE LA CONMINUCION	2
2.1.1. GENERALIDADES DE CONMINUCION	2
2.1.2. LIBERACION	4
2.1.3. PRINCIPIO DE LA CONMINUCION	5
2.1.4. TEORIAS DE CONMINUCION	6
2.1.5. DETERMINACION DEL WORK INDEX (Wi)	9
2.1.6. TIPOS DE CIRCUITOS	10
2.1.7. CARGA CIRCULANTE	11
2.2. TRITURACION O CHANCADO	11
2.2.1. TIPOS DE CHANCADORAS	11
A. CHANCADORAS PRIMARIAS	12
B. CHANCADORAS SECUNDARIAS Y TERCARIAS	20
2.2.2. LIMITES DE DISEÑO DE CHANCADORAS	30
2.2.3. FACTORES QUE REDUCEN LA CAPACIDAD DE UNA CHANCADORA	31
2.2.4. DIRECCIONAMIENTO DE CARGA HACIA LA CHANCADORA	31
2.2.5. VARIABLES EN LA SECCION CHANCADO	31

CAPITULO III:

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CHANCADO	33
3.1.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN EN LA TRITURACION O CHANCADO PRIMARIO	33
3.1.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN EN LA TRITURACION O CHANCADO INTERMEDIO Y TRITURACION O CHANCADO FINO	35
3.2. CALCULO DE LA TASA DE REDUCCION EN LA TRITURACION O CHANCADO	36
3.3. SELECCIÓN DE LA TRITURADORA O CHANCADORA	38

CAPITULO IV:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	47
4.2 RECOMENDACIONES	48

CAPITULO V:

BIBLIOGRAFIA	49
---------------------	-----------

CAPITULO VI:

ANEXOS	50
---------------	-----------

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

La práctica de procesamiento de minerales es tan antigua como la civilización humana. Los minerales y sus productos derivados han formado nuestras culturas en desarrollo desde el pedernal del hombre de la Edad de Piedra hasta los metales de uranio de la edad atómica.

La meta en el procesamiento de minerales es producir el valor máximo de un material en bruto dado. Esta meta puede ser un producto chancado con cierto tamaño y forma o la recuperación máxima de metales desde un mineral metálico complejo.

La trituración constituye el primer paso mediante el cual se reduce el mineral a fragmentos fácilmente manejable a granel. En general, en este primer paso se tiende a quebrar el mineral hasta un tamaño adecuado.

En la minería está involucrado el chancado, por lo cual es indispensable que un ingeniero maneje los conceptos de diseño y proceso lo más detalladamente posible, razón por la cual en el presente informe se desarrollará los criterios de selección de equipos de chancado en una planta concentradora.

1.1 OBJETIVOS

Conocer, familiarizarse con los conocimientos, técnicas y criterios de selección de equipos de chancado en una planta concentradora, el cual es la primera etapa del proceso de concentración de minerales, que consiste en liberar las partículas de mineral que se encuentran diseminadas en toda su estructura, para ello se hará uso de los conocimientos de conminución a fin de poder interiorizar conceptos técnicos.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. FUNDAMENTOS DE LA CONMINUCION

2.1.1. Generalidades de conminución

Debido a que la mayoría de los minerales se encuentran diseminados e íntimamente ligados con la ganga, ellos tienen que ser primeramente liberados antes de ser separados. Esto se consigue con la conminución, en la cual el mineral es paulatinamente reducido hasta que las partículas de mineral limpio puedan ser separadas por los métodos disponibles. La conminución en su etapa inicial se lleva a cabo en la mina con la voladura y de esta manera se facilita el manipuleo del material volado en los rajos con scrapers, palas, etc., en las galerías con palas, scoops, etc. y manipuleo en carros mineros, correas transportadoras, etc. Y en canteras produciendo material con una granulometría uniforme.

Conminución es un término genérico, que se utiliza para designar procesos de reducción de tamaño.

Los explosivos se usan en la mina para remover los minerales que se encuentra en las entrañas de un yacimiento. La voladura es la primera etapa de la conminución.

Extraído el material a la parrilla de las plantas de concentración, en ésta nuevamente hay un proceso de continuación sobre la parrilla, pues los bolones grandes son reducidos en su tamaño con ayuda del combo, en minas chicas y con equipos más mecanizados como el rompedor de rocas en las minas más grandes. Luego de este proceso el mineral extraído de la mina se somete a las etapas de la conminución que son la trituración y molienda. Posteriormente, el mineral valioso, ya liberado, es separado de la ganga.

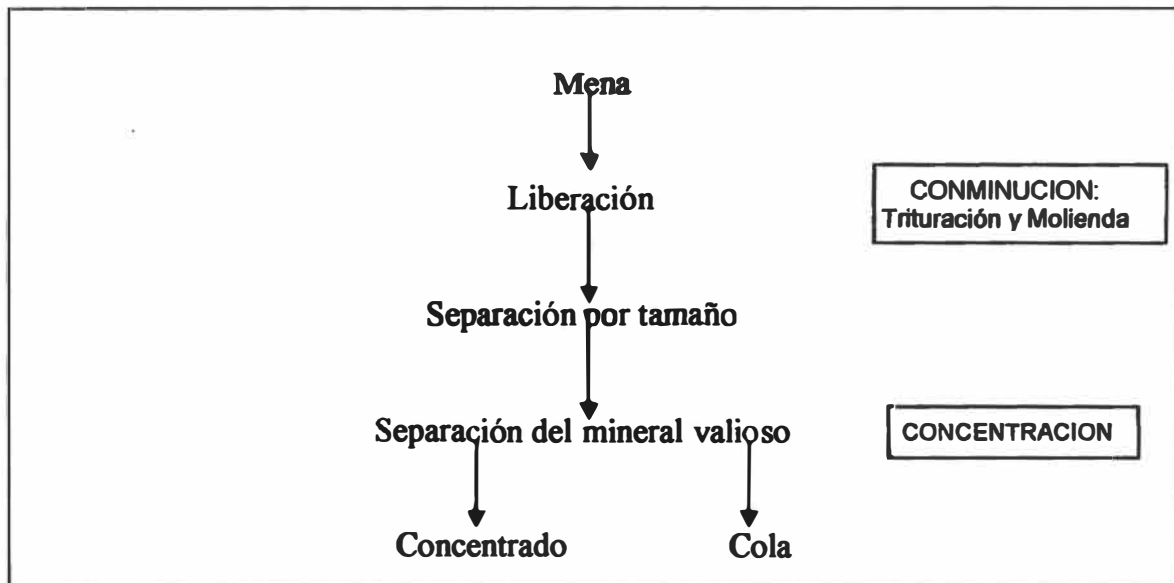


Figura N° 1: Proceso de Conminución

Los objetivos de los procesos de conminución (trititación y molienda) son:

- a) Liberación del mineral valioso de la ganga antes de las operaciones de concentración.
- b) Incrementar la superficie específica de las partículas, por ejemplo, para acelerar la velocidad de reacción en los procesos de lixiviación, flotación, etc.
- c) Producir partículas de mineral o cualquier otro material de tamaño y forma definidos.
- d) Por lo general, las operaciones de conminución en las plantas de concentración de minerales se caracterizan por su elevado consumo de energía en comparación a otras operaciones y son ineficientes desde el punto de vista de la utilización de la energía entregada a los equipos de conminución.

Tabla N° 1: % de energía consumida en diferentes etapas de una planta de concentración en diferentes operaciones

OPERACIÓN	Cu	Ni	Cu-Pb-Zn	Pb-Zn	Sn
Trituración	9,87	7,14	17,41	7,37	12,04
Molienda	72,1	47,02	42,48	46,31	47,99
Flotación	9,01	27,68	24,54	23,3	29,93
Separación Sol-Liq.	4,29	2,98	6,86	14,75	3,68
Transporte colas	2,15	11,9	5,54	1,77	2,51
Servicios	2,58	3,27	3,17	6,49	3,85

Tabla N° 2: Diferentes tipos de energía consumidas durante un proceso de molienda

Energía mecánica perdida por fricción en muñones y descansos	4,3%
Energía mecánica perdida en el sistema de accionamiento	8,0%
Energía térmica transportada por el producto	47,6%
Energía térmica perdida por radiación	6,4%
Energía térmica transportada por el aire	31,0%
Energía consumida en la conminución	0,6%
Energía consumida en desgaste y calentamiento de los cuerpos de molienda, ruido, evaporación y vibración	2,1%

Como se puede observar, del total de la energía suministrada a una operación de conminución, solamente una pequeña parte es utilizada en la fragmentación de las partículas, el resto se pierde en diferentes formas de energía, es por esta razón que se dice que las operaciones de conminución (molienda) son ineficientes.

2.1.2. Liberación

El mineral valioso se encuentra diseminado y asociado a la ganga y para poder liberarlo o desprenderlo de la ganga, la MENA es sometida progresivamente y por etapas a operaciones de conminución de las cuales se obtienen partículas de menor tamaño.

De estas últimas se pueden distinguir dos tipos de partículas:

a) Partículas libres, son aquellas que están constituidas por una sola fase mineralógica, ya sea mineral valioso o ganga.

b) Partículas mixtas, son aquellas que están constituidas por dos o más fases mineralógicas.

2.1.3. Principio de la conminución

La trituración se debe principalmente a cuatro modos de fractura (impacto, compresión, atrición y corte) dependiendo del mecanismo de la roca y el tipo de carga.

En la trituración por impacto, la fragmentación se produce debido a un golpe instantáneo y seco de un material sólido duro sobre la partícula de roca o mineral, o por golpe de la partícula contra el sólido duro, o finalmente por golpes o choques entre partículas.

En la trituración por atrición, las partículas se desmenuzan debido a fuerzas de fricción que se generan entre dos superficies duras o entre partículas. Como resultado se producen partículas bastante pequeñas o también grandes.

En la trituración por corte, la fragmentación se produce debido a una fuerza cortante.

En la trituración por compresión, la fragmentación se produce por acción de una fuerza de compresión generada entre dos superficies duras.

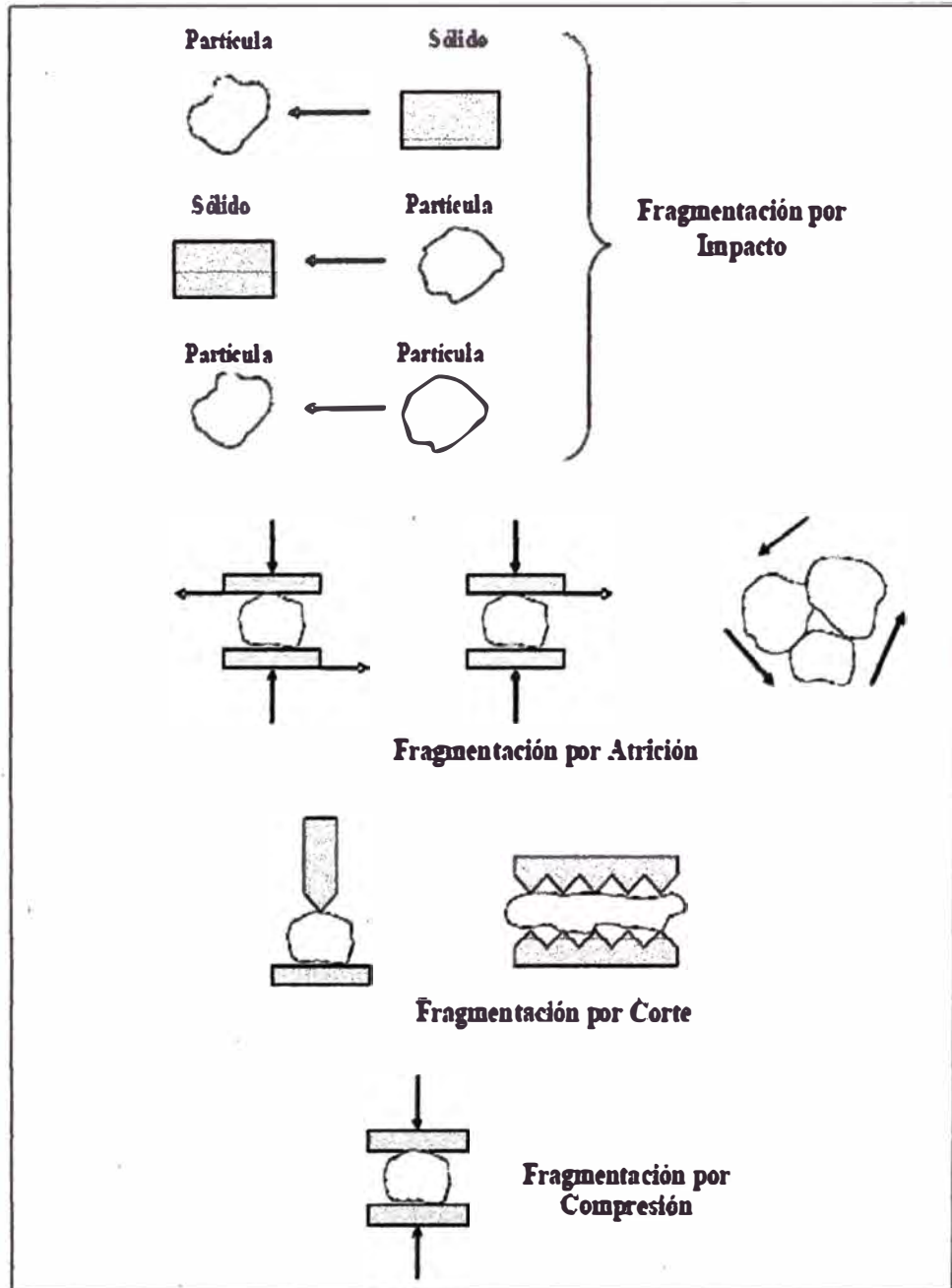


Figura N °2: Tipos de Fracturación

2.1.4. Teorías de la conminución

Las teorías de conminución establecen correlaciones confiables entre la energía específica [kwh/t] consumida en un proceso de conminución y la correspondiente reducción de tamaño alcanzada en dicho proceso.

Las siguientes teorías describen la teoría de conminución:

a) Postulado de Rittinger (1867) (Primera Ley de la Conminución)

La energía específica consumida en la reducción de tamaño de un sólido, es directamente proporcional a la nueva superficie específica creada.

Este postulado considera solamente la energía necesaria para producir la ruptura de cuerpos sólidos ideales (homogéneos, isotrópicos y sin fallas), una vez que el material ha alcanzado su deformación crítica o límite de ruptura.

$$E_R = K_R [(1/P_{80}) - (1/F_{80})]$$

Donde:

E_R =Energía específica de conminución (kwh/ton)

K_R =Constante de Rittinger

P_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto

F_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación

Aún cuando el postulado de Rittinger carece de suficiente respaldo experimental, se ha demostrado en la práctica que dicha teoría funciona mejor para la fracturación de partículas gruesas, es decir, en la etapa de chancado del material.

b) Postulado de Kick (1885) (Segunda Ley de la Conminución)

La energía requerida para producir cambios análogos en el tamaño de cuerpos geoméricamente similares, es proporcional al volumen de estos cuerpos.

Esto significa que iguales cantidades de energía producirán iguales cambios geoméricos en el tamaño de un sólido. Kick consideró que la energía utilizada en la fractura de un cuerpo sólido ideal (homogéneo, isotrópico y sin fallas), era sólo

aquella necesaria para deformar el sólido hasta su límite de ruptura; despreciando la energía adicional para producir la ruptura del mismo.

$$E_K = K_K [\text{Log } (F_{80}/ P_{80})]$$

Donde:

E_K =Energía específica de conminución (kwh/ton)

K_K =Constante de Kick

P_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto

F_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación

Aún cuando el postulado de Kick carece de suficiente respaldo experimental; se ha demostrado en la práctica, que su aplicación funciona mejor para el caso de la molienda de partículas finas.

c) Postulado de Bond (1952) (Tercera Ley de la Conminución)

La energía consumida para reducir el tamaño 80% de un material, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño 80%; siendo éste último igual a la abertura del tamiz (en micrones) que deja pasar el 80% en peso de las partículas.

Bond definió el parámetro KB en función del work index.

Work Index (Wi): Se le conoce como índice de trabajo del material, el cual corresponde al trabajo total (expresado en [kwh/ton. corta]), necesario para reducir una tonelada corta de material desde un tamaño teóricamente infinito hasta partículas que en un 80% sean inferiores a 100 [μm]. El parámetro work index depende tanto del material (resistencia a la conminución) como del equipo de conminución utilizado, debiendo ser determinado experimentalmente para cada aplicación requerida. También representa la dureza del material y la eficiencia mecánica del equipo.

$$E_B = 10W_i [(1/P_{80})^{0.5} - (1/F_{80})^{0.5}]$$

Donde:

E_B =Energía específica de conminución (kwh/ton)

W_i =Índice de trabajo (kwh/ton. corta)

P_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto

F_{80} =Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación

Durante el desarrollo de su tercera teoría de la conminución, Fred Bond consideró que no existían rocas ideales ni iguales en forma y que la energía consumida era proporcional a la longitud de las nuevas grietas creadas.

El Test de Bond tiene 3 grandes ventajas:

- Existe una gran cantidad de datos disponibles.
- Funciona bien para cálculos iniciales.
- Alternativa simple para medir la eficiencia mecánica de equipos de conminución.

2.1.5. Determinación del work index

El work index (W_i) se determina a través de ensayos de laboratorio, que son específicos para cada etapa (chancado, molienda de barras, molienda de bolas). Estos ensayos entregan los parámetros experimentales, respectivos de cada material, los que se utilizan en las ecuaciones respectivas, que se indican a continuación.

Etapa de Chancado

$$W_i = 2.59 (K_c / \rho_s)$$

Donde:

W_i = Work Index [kwh/ton corta].

K_c = Esfuerzo de impacto aplicado, necesario para fracturar el material [lb-pie/pulg espesor roca]

ρ_s = Gravedad específica del sólido.

2.1.6. Tipos de circuitos

En general, se tienen 2 definiciones de circuito:

Circuito Abierto

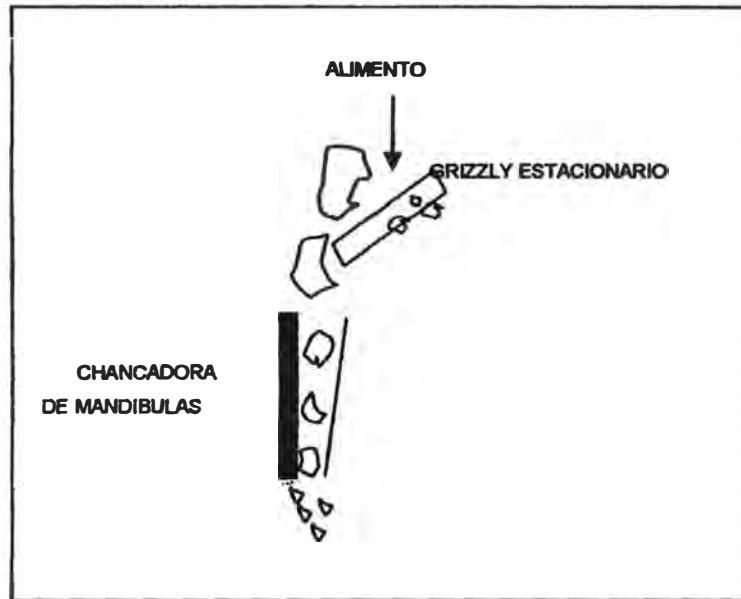


Figura N° 3: Etapa Chancado-Circuito Abierto

Circuito Cerrado

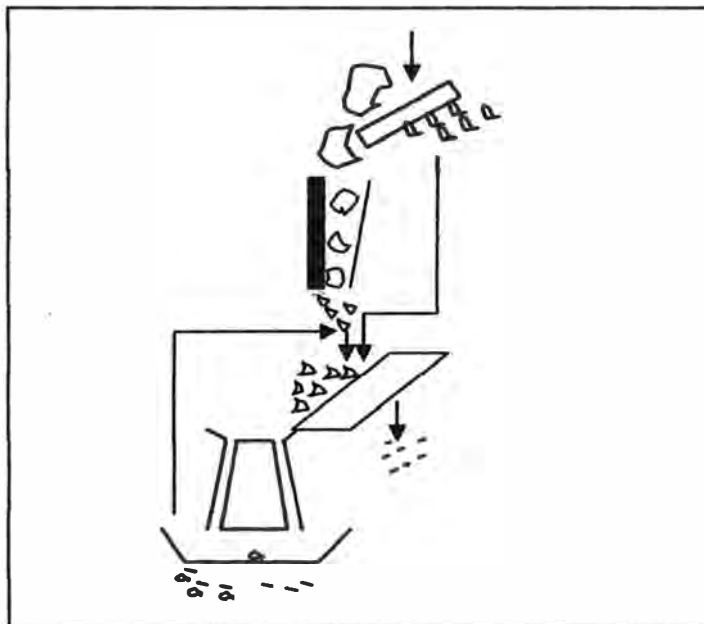


Figura N° 4: Etapa de Chancado-Circuito Cerrado

2.1.7. Carga circulante

Se entiende como Carga Circulante (CC), a la razón entre el flujo de material que recircula y la alimentación fresca que llega al circuito.

La ecuación es:

$$CC = R/A \times 100$$

Donde:

R: Flujo que recircula

A: Alimentación fresca

2.2. TRITURACION O CHANCADO

La operación de trituración o chancado, es la primera etapa mecánica de la conminución. Por lo general se realiza en seco y en etapas sucesivas. Industrialmente se utilizan diferentes tipos de máquinas de trituración y suelen clasificarse de acuerdo a la etapa en que se utilizan y el tamaño de material tratado.

Se pueden clasificar todas las trituradoras como perteneciendo a dos grupos principales:

- Trituradoras por compresión, que comprimen el material hasta que este se rompe.
- Trituradoras por impactos, las cuales usan el principio de impactos rápidos para triturar el material.
- Las trituradoras de mandíbulas, cono, giratorias y de rodillos operan según el principio de compresión, mientras que las trituradoras de impactos y los molinos de martillos usan el principio de impacto.

2.2.1 Tipos de chancadoras:

En la sección chancado de una planta concentradora se usa tres tipos de

chancadoras: chancadora primaria, secundaria y terciaria.

No se conoce hasta la fecha una máquina que sea capaz de realizar, una trituración completa, por esta razón, la trituración se hace progresivamente en las siguientes etapas: Chancado primario, secundario y terciario. En cada una de estas etapas se emplea una chancadora diferente.

En el chancado primario (grueso), se usan chancadoras de quijadas o giratorias; en el chancado secundario se usan chancadoras giratorias y de cono y en el chancado terciario (fino) se usa universalmente las chancadoras cónicas. Donde existen minerales suaves, húmedos y arcillosos, se usan las chancadoras de impacto.

A. Chancadoras primarias:

La chancadora primaria es una máquina donde se realiza la trituración primaria del mineral bruto, es decir, tritura el mineral (rocas de un máximo de 60") hasta un producto de 8" a 6".

Las chancadoras primarias se caracterizan por la aplicación de fuerzas a bajas velocidades, sobre partículas que se hallan entre superficies casi verticales y no paralelas. Estas superficies convergen desde arriba hacia abajo, acercándose y alejándose una de la otra con movimientos de pequeña amplitud, los mismos que son restringidos para evitar contactos de quijadas.

A la relación del tamaño de alimentación que aceptará la chancadora (llamado gape) y el tamaño del producto de descarga (llamado set), se le denomina radio de reducción. Esta relación depende del esfuerzo que la máquina está diseñada para tolerar, durante el paso de rocas a través de ella. Entre los factores que influyen sobre la relación de reducción: la cantidad de roca en la chancadora, el porcentaje de poros o vacíos, la dureza de la roca, el ángulo de inclinación de las quijadas y

la velocidad a la cual la unidad opera. El rango de la relación de reducción promedio es de 5:1.

Debido al desarrollo de unidades de presiones extremadamente grandes, el chancado en general, es una operación muy dura en lo que respecta a equipo. La chancadora debe ser de proporciones masivas para asegurar rigidez y para que realice los trabajos pesados de reducir rocas y minerales duros; y mientras efectúa esto, mantener un alineamiento razonable de las partes móviles. Los trabajos de mantenimiento son muy importantes y necesarios, por lo que estas unidades rara vez, son usadas en trabajo continuado.

Generalmente los equipos de chancado se operan de 12 a 16 horas diarias; el resto del tiempo se usa para reparaciones y mantenimiento. Con el objeto de que la producción en la planta concentradora sea continua, se debe tener capacidad de almacenamiento entre la última etapa de chancado y el circuito operante de molienda.

Tipos de chancadoras primarias:

➤ Chancadoras giratorias:

Las chancadoras giratorias, son usadas primordialmente para un chancado primario. La chancadora giratoria, consiste de un largo eje vertical o árbol que tiene un elemento de molienda de acero de forma cónica, denominada cabeza el cual se asienta en un mango excéntrico.

El árbol está suspendido de una araña y a medida que gira, normalmente entre 85 rpm y 150 rpm; describe una trayectoria cónica en el interior de la cámara de chancado fija, debido a la acción giratoria de la excéntrica. Al igual que en la chancadora de quijada, el movimiento máximo de la cabeza ocurre cerca de la descarga.

Esto tiende a aliviar el atoro debido al hinchamiento y la mandíbula trabaja bien en chancado libre. El árbol está libre para girar en torno a su eje de rotación en el mango excéntrico, de modo que durante el chancado los trozos de roca son comprimidos en la cabeza rotatoria y los segmentos superiores del casco y la acción abrasiva en dirección horizontal es despreciable.

Las dimensiones de una chancadora giratoria se determinan por el tamaño de la boca de alimentación y el diámetro de la base del manto. Por ejemplo una chancadora de 60" x 113"; la dimensión de 60" corresponde a la abertura de alimentación en su punto más ancho y la dimensión de 113" corresponde al ancho del manto de la base.

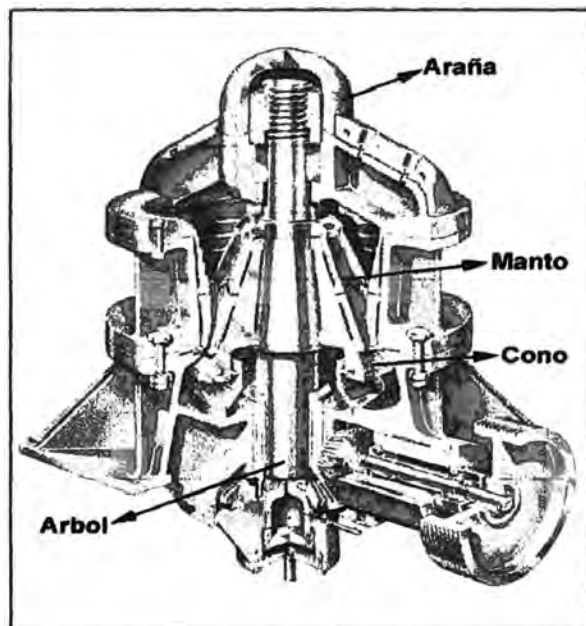


Figura N° 5: Chancadora Giratoria

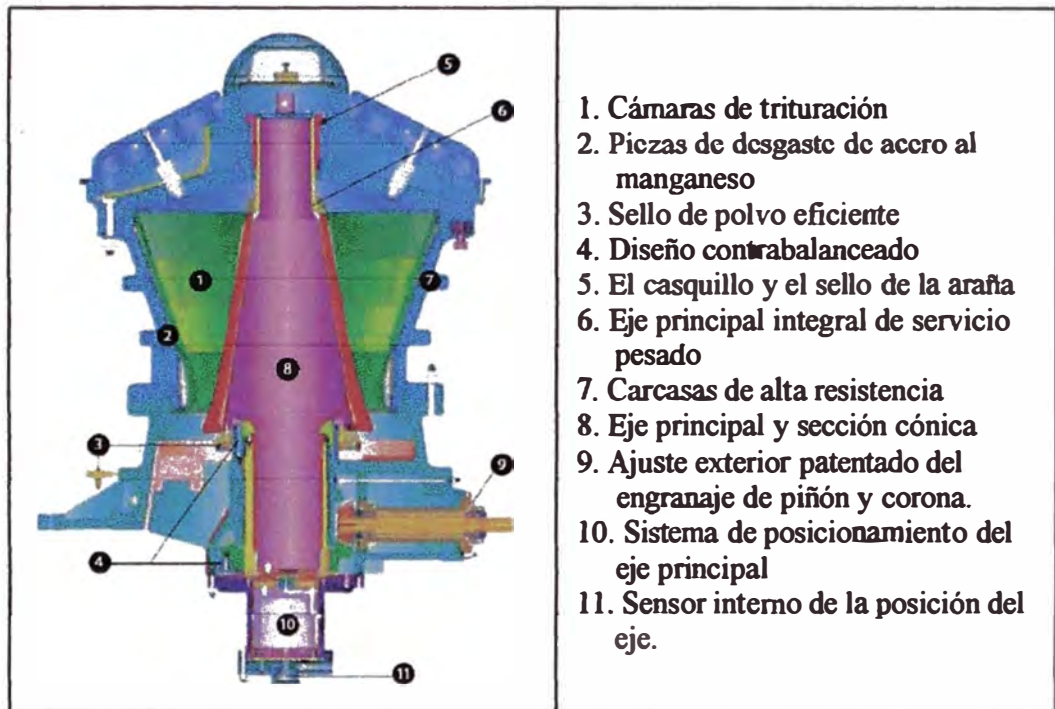


Figura N° 6: Partes de una Chancadora Giratoria

Principio de operación de chancadora giratoria:

La acción trituradora se logra por el movimiento giratorio del eje principal de la chancadora. El extremo superior del eje principal es sostenido lateralmente en la araña. Entre tanto, el buje del excéntrico que posiciona el extremo inferior del eje principal proporciona un movimiento oscilante al conjunto del eje principal o cabeza triturada. La cabeza triturada se acerca y se aleja alternadamente de la superficie trituradora estacionaria exterior o superficies cóncavas.

Cuando la cabeza trituradora se vuelva a acercarse al cuerpo, los trozos de mineral son quebrantados. El movimiento del manto se muestra en la figura: Dos vistas del eje principal separadas en el tiempo por media revolución de la excéntrica (ampliado para ilustrar lo principal).

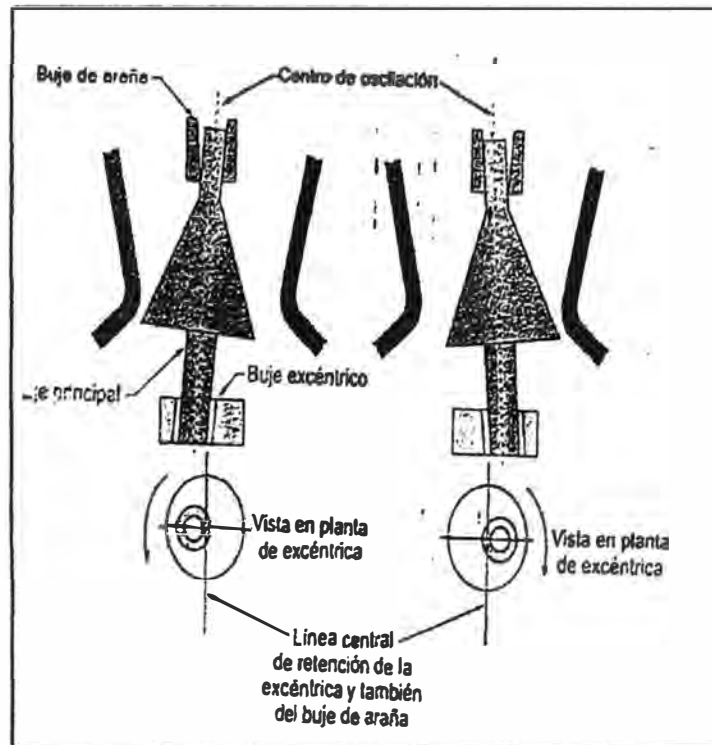


Figura N° 7: Movimiento de la excéntrica

La distancia más cercana entre el manto que se mueve y las cóncavas es llamado el ajuste del lado cerrado (CSS). Similarmente, la distancia más lejana entre el manto y las cóncavas medidas en la misma posición dentro de la chancadora es llamado el ajuste del lado abierto (OSS). El tamaño máximo de un trozo de mineral descargado de la chancadora es aproximadamente igual al ajuste del lado abierto. El tamaño del producto descargado de la chancadora se cambia ya sea levantando o bajando un conjunto del eje principal, cambiando así la relación (tanto CSS o OSS) del manto con la cámara trituradora. Esta capacidad se obtiene a través del uso del sistema de ajuste hidráulico de la chancadora primaria.

Este conjunto de soporte se llama hydroset. El sistema de hydroset realiza dos funciones:

- Sube o baja el eje principal según sea necesario para ajustar el set de la chancadora o para despejar una chancadora obstruida.
- Absorbe impactos cuando el eje principal salta en respuesta a materiales de gran tamaño en la alimentación hacia la cámara de chancado.

Sistema de lubricación de chancadora giratoria:

El sistema de lubricación de la chancadora giratoria, consta de un estanque de almacenamiento de aceite, una bomba de aceite lubricante, un filtro de aceite y un enfriador de aceite, proporciona aceite a los engranajes y a los bujes excéntrica.

Las chancadoras giratorias grandes, frecuentemente trabajan sin mecanismos de alimentación y se alimentan directamente por camiones. Si la alimentación contiene demasiados finos puede que haya que usar un grizzly. Esto reduce costo de instalación y reduce la altura desde la cual cae el mineral, minimizando así el daño a la araña de centrado.

Capacidad de las trituradoras giratorias en operación:

Como en el caso de las trituradoras de quijadas, el tamaño de alimentación, el tamaño del producto, la humedad del mineral, la dureza y de la forma de alimentación afectan la capacidad de las trituradoras giratorias.

La fórmula empírica propuesta por Taggart es:

$$T = 0.0845 L.S$$

Donde:

L: es el perímetro de la circunferencia cuyo diámetro es el promedio de los diámetros de los dos conos (en pulgadas)

S: es el ancho de la abertura de descarga en posición abierta

T: es el tonelaje que pasa por la trituradora en una hora (Ton-corta/hora)

Esta fórmula indica que la capacidad de la trituradora es directamente proporcional a la abertura de descarga en posición de máxima oscilación.

➤ Chancadora de quijadas:

Recibe ese nombre por analogía con una mandíbula. Está constituida por dos placas, una móvil y otra fija, y al oscilar la placa móvil está aprisionada a las partículas contra la placa fija.

Los esfuerzos aplicados mediante este movimiento fracturan a las partículas.

El mineral ingresa a la chancadora a través de la abertura superior de las dos quijadas y es chancado cuando la quijada móvil se mueve hacia la quijada fija de arriba hacia abajo. Cuando la quijada móvil se aleja, de abajo hacia arriba, el mineral chancado va bajando y otra vez es chancado entre las dos quijadas en el siguiente ciclo.

Los ciclos continúan hasta que el mineral, se descargue en la base de la chancadora.

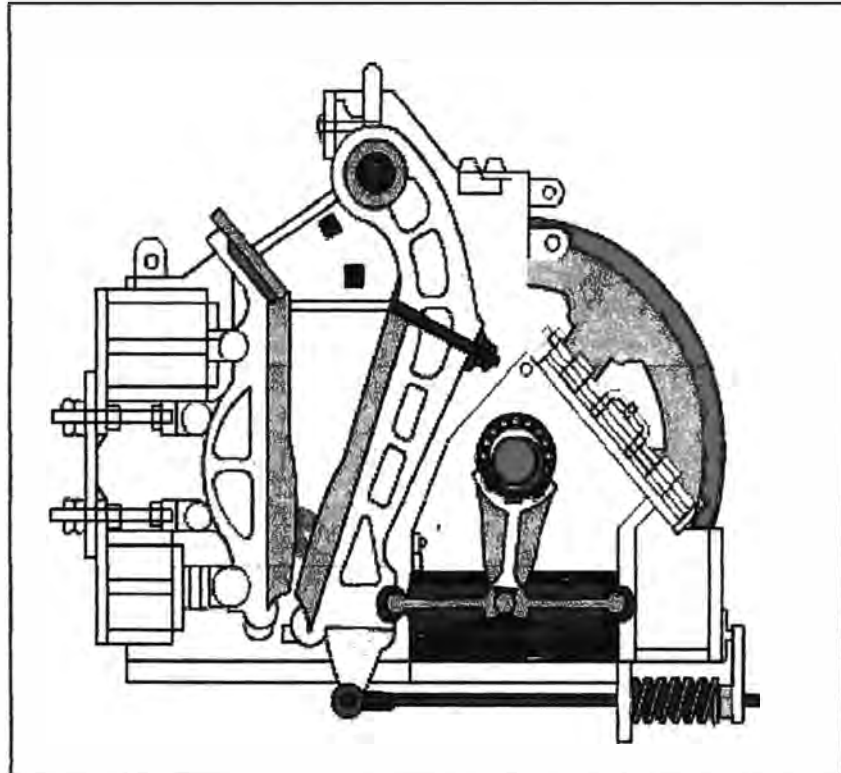


Figura N° 8: Chancadora de Quijadas

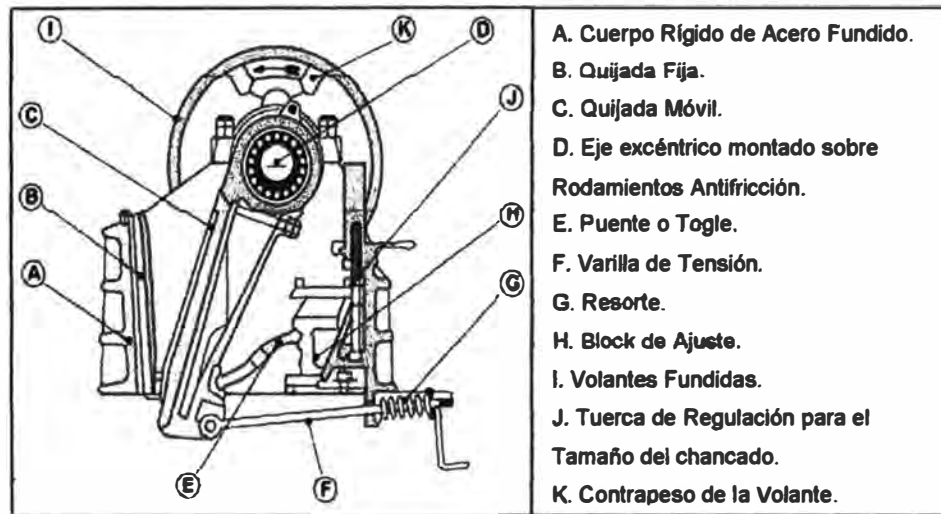


Figura N° 9: Componentes de la Chancadora de Quijadas

Principio de operación de la chancadora de quijadas:

La chancadora consta de un bloque fijo llamado quijada estacionaria y otra móvil llamada quijada móvil. La parte superior de la quijada móvil está unida a un eje excéntrico.

El motor de la chancadora da el movimiento de rotación a la polea usando un arreglo estándar de las fajas en V y junto a la volante gira el eje excéntrico (excéntrico significa fuera de centro). El eje excéntrico mueve la quijada móvil hacia abajo tanto como la excentricidad del eje lo permita, alcanzando la parte más baja en su rotación, de igual manera lo hace hacia la parte superior al completar el giro del eje, ayudado por el muelle tensor que ejerce presión gracias al vástago tensor, el muelle está montado sobre el bastidor trasero. La parte inferior del balancín o biela (que contiene a la quijada móvil) se conecta a la placa articulada; esta placa tiene la función de regular la abertura de la chancadora.

Sistema de lubricación de la chancadora de quijadas:

Los puntos de lubricación de chancadora son los rodamientos de rodillos del eje excéntrico. Estos se pueden lubricar bien manualmente o por un sistema de

engrase automatizado muestra los puntos de lubricación. Los rodamientos del eje excéntrico son grandes; trabajan en condiciones de carga extremas. Por ello es extremadamente importante que estén bien mantenidos y engrasados.

Comparación entre chancadoras primarias:

Al decidir entre una chancadora giratoria y una de mandíbula para una aplicación en particular, el principal factor es el tamaño máximo del mineral que deberá tratar la trituradora y la capacidad requerida.

Tabla N° 3: Comparación entre chancadoras primarias

Trituradora de Quijada	Trituradora Giratoria
Acción intermitente	Acción continua
Trituradora con toda su superficie la mitad de tiempo	Trituradora con la mitad de su superficie todo el tiempo.
Favorable en pequeñas instalaciones (subterráneas)	Favorable en grandes instalaciones (tajo abierto)
Trabaja mejor bajo condición de no ahogamiento	Puede trabajar en su máxima capacidad con la cabeza sepultada en un mineral
Se usan cuando la abertura de la trituradora es más importante que la capacidad.	Se usan si es necesario una alta capacidad.

B. Chancadoras secundarias y terciarias:

Las chancadoras secundarias son más livianas que las máquinas primarias, puesto que toman el producto chancado en la etapa primaria como alimentación. El tamaño máximo normalmente será menor de 6" u 8" de diámetro y puesto que todos los constituyentes dañinos que vienen en el mineral desde la mina, tales como trozos metálicos, madera, arcilla y barro han sido ya extraídos es más fácil de manejar.

Tipos de chancadoras secundarias y terciarias:

➤ **Chancadora cónica:**

Es una chancadora de eje vertical similar a una giratoria, difiere de ésta porque el eje no se encuentra suspendido y porque la cámara de trituración es de menor volumen. Otras de las diferencias con la giratoria es que en la cónica secundaria la disposición del cono es en paralelo, mientras que en la giratoria primaria el cono es divergente. Igualmente el cono está sujeto a la parte inferior de la trituradora, no existiendo el crucero característico de las giratorias primarias. Esto permite una boca de admisión totalmente libre. Se utiliza en la trituración secundaria y terciaria. Existen dos tipos: estándar y de cabeza corta.

Diferencias entre las chancadoras secundarias y terciarias:

La diferencia principal entre la chancadora de cono Symons estándar (secundaria) y short head (terciarias), está en el diseño de cámaras de trituración y en la posición del plato de alimentación.

La cámara de la chancadora estándar está diseñada para hacer productos triturados desde 7/8" hasta 2 1/2" en circuito abierto y el tipo de cavidad es mediano; la capacidad llega hasta 1000 TMPH, dependiendo de las características del material y ajuste.

La chancadora short head se usa para reducciones más finas; tienen un ángulo más agudo en el cabezal y una cámara de trituración con una mayor zona paralela que la estándar- Admite una alimentación más pequeña y está diseñada para producir tamaños desde menos de 3/16" a 3/4" en circuito cerrado y el tipo de cavidad es fino; la capacidad llega hasta 420 TMPH.

En la trituradora cónica, la trituración ocurre por compresión, pero el cono gira cerca de cinco veces más rápido que el cono de una giratoria. Igualmente la

amplitud de oscilación del cono puede llegar a sobrepasar 4 veces el valor de la abertura de descarga en posición cerrada. Estos dos aspectos generan un mecanismo de trituración original, en el que el mineral luego de ser comprimido y triturado no cae directamente hacia la abertura de descarga, sino al cono según la siguiente secuencia:

- Luego de una compresión, el cono se separa hacia abajo con una aceleración mayor que la aceleración de la gravedad. Por esto, el material comprimido entre el cóncavo y el cono puede caer libremente.
- En una segunda fase el cono reduce su velocidad y es alcanzado por el material, el cual se desliza a lo largo de su pared.
- El cono se mueve en la tercera fase aceleradamente hacia arriba y proyecta el mineral hacia el cóncavo.
- Se inicia una nueva fase de compresión entre el cono y el cóncavo. Este mecanismo origina un mayor tiempo de retención en la trituradora y produce reducción de tamaño por efectos secundarios, tales como choques de trozos impulsados contra las fases triturantes, originando una apreciable proporción de finos, mejorando de esta manera la eficiencia global de la trituración.

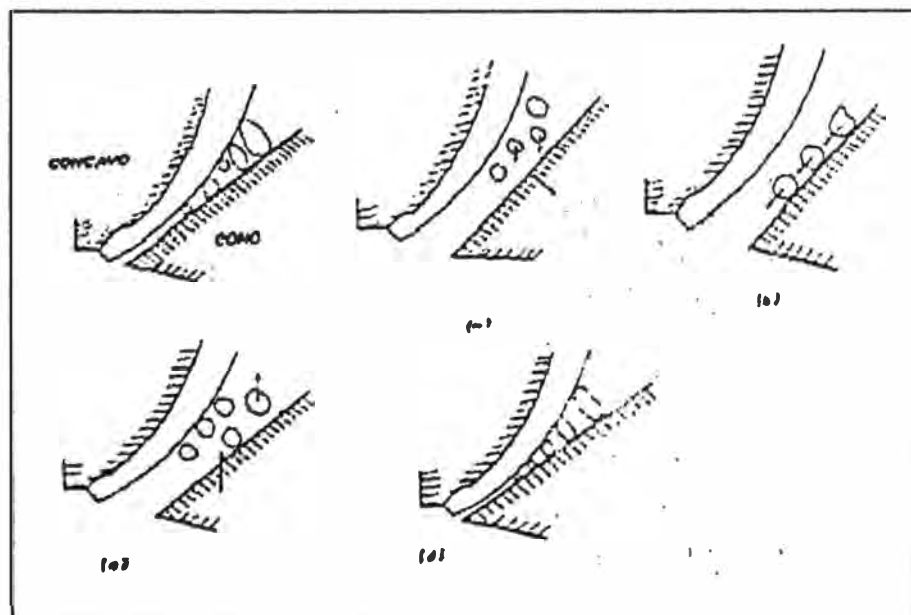


Figura N° 10: Secuencia de la Trituración en una trituradora cónica

Principio de operación de la chancadora cónica:

En una chancadora cónica convencional, el mineral se chanca entre una cabeza chancadora (manto o mantle) y un tazón curvo (taza o bowl).

La cabeza (o cono de la chancadora) va completamente apoyada en el cojinete de un receptáculo esférico. El eje cónico de la cabeza encaja en un orificio de la excéntrica (un cilindro giratorio vertical que está perforado en forma excéntrica y en ángulo con respecto a la vertical. El buje se hace girar (mediante un motor) a través de un contraeje y una disposición biselada de engranajes de corona y piñón. A medida que va girando, imparte un movimiento giratorio a la cabeza.

La excéntrica es accionada para rotar y este movimiento mueve la cabeza en una trayectoria circular excéntrica dentro del tazón. Aunque la cabeza está libre para rotar dentro del buje excéntrico así como girar, la fricción del mineral entre la cabeza y el tazón generalmente evitan la rotación. A medida que la cabeza gira de esta manera, el espacio entre la cabeza y el tazón en cualquier punto cambia continuamente, acortándose y ampliándose. La abertura en la parte superior donde la alimentación ingresa, el espacio de chancado es relativamente ancho y progresivamente se estrecha en la parte inferior de la cavidad. El mineral ingresa por la parte superior y con cada giro de la cabeza, es quebrantado cuando la boca se cierra junto con las partículas de roca. Las partículas quebrantadas luego caen dentro de la parte más estrecha de la cavidad cuando el espacio se abre. Esto se repite muchas veces hasta que la roca triturada cae a través de la abertura final. El tamaño del producto descargado desde la chancadora se determina ajustando la abertura entre los revestimientos de la chancadora de manera que el lado cerrado sea levemente menor al tamaño del producto deseado.

Sistema de lubricación de la chancadora cónica:

El sistema de lubricación de la chancadora bombea aceite a través de un filtro e intercambiador de calor, para luego ser empujado hacia arriba a través de

conductos interconectados en el eje principal, hacia las superficies de rodamiento del buje de la excéntrica, buje de cabeza y finalmente hacia arriba a través de la quicionera y superficie del rozamiento del revestimiento de la quicionera.

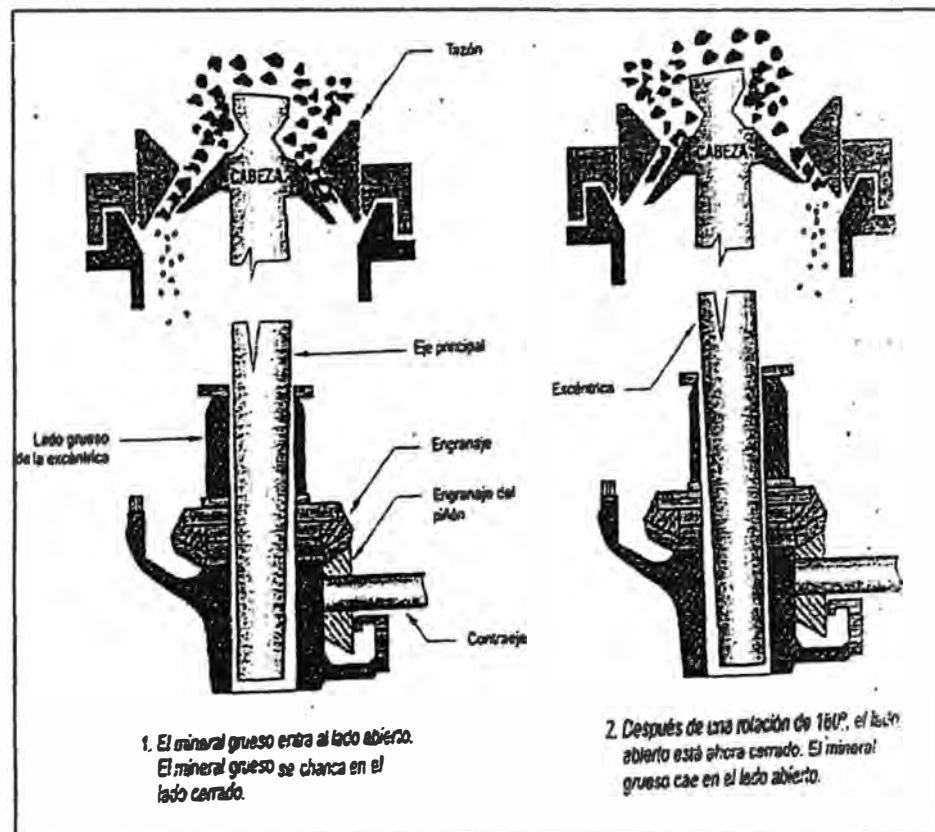


Figura N° 11: Esquema cavidad y movimiento de la excéntrica de la chancadora secundaria

Tamaños y modelos de chancadoras de cono:

Las chancadoras de cono Symons se dividen en dos modelos, primero la chancadora estándar que se utiliza para el chancado secundario porque posee una abertura de alimentación mayor, y el segundo, que utilizan en el chancado terciario denominadas de cabeza corta (short head) que posee una abertura de alimentación menor que la del modelo estándar; además estos poseen diferentes perfil de forro y forma del trompo de la chancadora, de acuerdo a su uso la chancadora será instalada y utilizada.

Los tamaños de las chancadoras de cono dependen de la capacidad de trabajo, las necesidades de producción dentro de la planta y del material a triturar; dentro de

un circuito abierto, como ocurre normalmente en las chancadoras de cono estándar donde el material triturado no retorna hacia la misma chancadora, el de circuito cerrado, como se da en las chancadoras de cono de cabeza corta donde el material que no pasa por una zaranda puede retornar hacia la misma chancadora y así continuar hasta lograr el resultado necesario.

La terminología relativa a las chancadoras de cono se especifica a continuación:

Alimentación: la materia prima a triturarse.

Cubiertas: llamadas también forros de la taza y de la cabeza (trompo) que son los elementos de trituración.

Cavidad: es el espacio interior formado por los elementos de trituración o forros.

Zona paralela: estando los forros en su posición de mayor proximidad entre sí durante el ciclo de giro, la parte inferior del forro de la taza estará paralela por cierta distancia con la de la cabeza. Esta parte se denomina zona paralela.

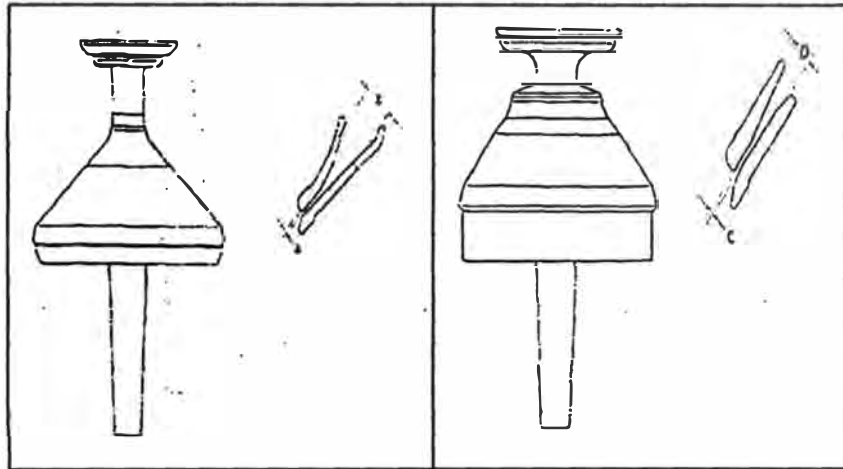
Abertura de alimentación del lado cerrado: es la distancia mínima entre la parte superior de los elementos de trituración, medida cuando los dos forros estén en su posición de mayor acercamiento, durante un ciclo de giro.

Abertura de alimentación del lado abierto: es la distancia máxima entre la parte superior de los elementos de trituración, medida cuando las dos cubiertas estén en su posición de mayor separación durante el ciclo de giro; éste determina el tamaño máximo del material que se alimenta.

Ajuste mínimo de descarga: es la distancia mínima admisible entre la parte inferior de los elementos de trituración, medida cuando las dos cubiertas están en su posición de mayor proximidad entre sí, durante el ciclo de giro.

Funcionamiento en circuito abierto: es el proceso en la cual el material alimentado sólo pasa una vez por la trituradora.

Funcionamiento en circuito cerrado: es el proceso en la cual el material que no pase por la zaranda al salir de la trituradora es devuelto a la misma.



**Figura N° 12: a) Trompo y perfil de Chancadora estándar
b) Trompo y perfil de Chancadora Cabeza corta**

Grado de reducción de las chancadoras:

Al grado de reducción de tamaño que se logra por medio de cualquier máquina quebrantadora se le conoce con el nombre de relación de reducción, y puede definirse como el tamaño de la alimentación dividido entre el tamaño del producto. En realidad deben definirse ambos tamaños, y si bien es posible establecer varias definiciones, la que más se utiliza es simplemente el 80% del tamaño que pasa en la distribución acumulativa de las mallas en el análisis granulométrico.

Set de descarga:

Es la abertura mínima la que se cierra la chancadora con el objeto de graduar el grado de reducción. Considerando que la fuerza de compresión o de rotura es transmitido por un eje excéntrico es necesario comprender que al set se le contrapone una abertura mayor o punto muerto, por lo tanto, el tamaño máximo de trituración, estaría definido por el punto muerto, pero en la práctica se trabaja ejerciendo control del set.

➤ Chancadora de rodillos de alta presión:

Consiste en dos rodillos grandes, cada uno con un diámetro de 2.4 m por un ancho

de 1.65 m. Un rodillo está en una posición fija mientras que el otro puede deslizarse horizontalmente hacia o alejándose del rodillo fijo, dependiendo de la presión resultante de la alimentación. Cada rodillo es accionado por su propio motor de velocidad variable, aunque ambos rodillos rotan a la misma velocidad pero en sentidos opuestos. El flujo de mineral es introducido entre los rodillos desde arriba, y la rotación de los rodillos combinada con la fricción superficial entre los rodillos y el mineral, arrastra el flujo de mineral hacia el espacio entre los rodillos.

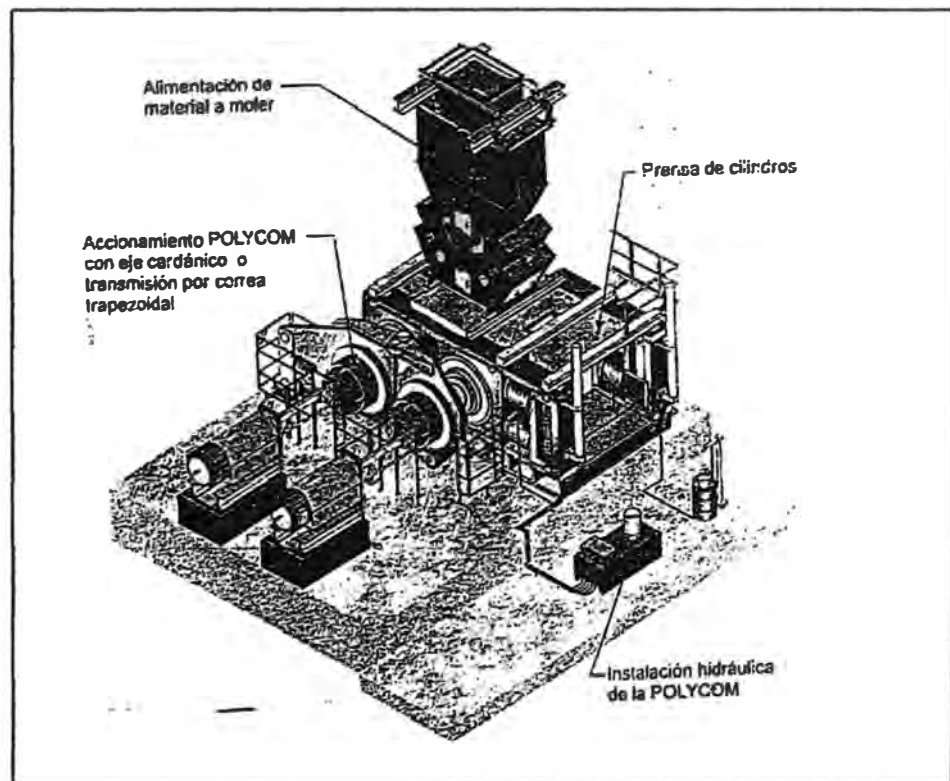


Figura N° 13: Chancadora de rodillos de alta presión

Sistema de lubricación de la chancadora de rodillos:

El sistema hidráulico de la chancadora de rodillos mantiene una presión muy alta sobre el rodillo en movimiento para contrarrestar la fuerza ejercida por el mineral que pasa entre los rodillos. La alta presión obliga que las partículas del mineral colisionen unas con las otras y que los rodillos se friccionen entre sí, causando la rotura masiva, incluyendo la creación de una alta cantidad de finos también el

micro-agrietamiento de las partículas no rotas.

La figura N°15 ilustra el concepto de la rotura entre partículas. Esto ayuda al procesamiento aguas abajo reduciendo la energía requerida para moler el mineral en el circuito del molino de bolas. Se puede ajustar la presión del rodillo, con una presión más alta causando una mayor rotura y producción de finos, pero también reduciendo el rendimiento y aumentando el desgaste de los rodillos.

El punto óptimo de operación estará a una cierta presión por debajo de la máxima, a un nivel a determinarse durante la puesta en marcha de las unidades. La presión inicial nominal es de aproximadamente 17000 kN.

Las caras del rodillo están cubiertas con studs de carburo de tungsteno resistentes al desgaste para reducir el desgaste en la superficie del rodillo. El desgaste es reducido posteriormente por la formación de una capa autógena de finos de mineral compactados que se acumula y permanece sobre la superficie del rodillo. El flujo del mineral que contacta con los rodillos, luego entra en contacto realmente con una capa reemplazable de partículas del mineral en vez de entrar en contacto directamente contra la cara del metal mismo. Esto es muy importante para alargar la vida del rodillo. Esta capa se puede desestabilizar por falta de finos en la alimentación por una humedad inadecuada en la alimentación o por una excesiva en la alimentación. La ausencia o rotura de los studs permitirá también que se rompan las áreas de la capa autogenerada, conllevando a un desgaste localizado posterior en el área.

El flujo del mineral triturado sale de la chancadora de rodillos por gravedad hacia la faja transportadora de descarga de la trituradora para transportarla hacia las tolvas de alimentación del molino de bolas. El mineral sale de la trituradora en forma de una torta comprimida la cual se rompe al manipularse y transferirse hacia el sistema de transporte.

Para los minerales con un contenido más alto de roca alterada o arcilla, las hojuelas pueden ser más coherentes con algunos grumos que sobreviven a la alimentación de la zaranda del molino de bolas.

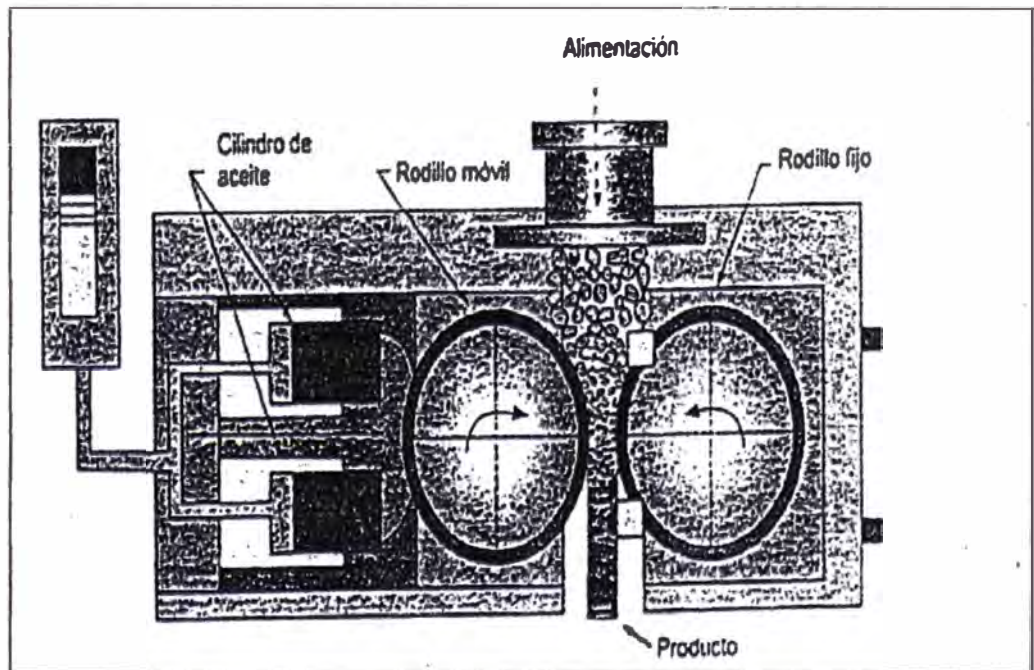


Figura N° 14: Esquema de la sección transversal de la chancadora de rodillos de alta presión

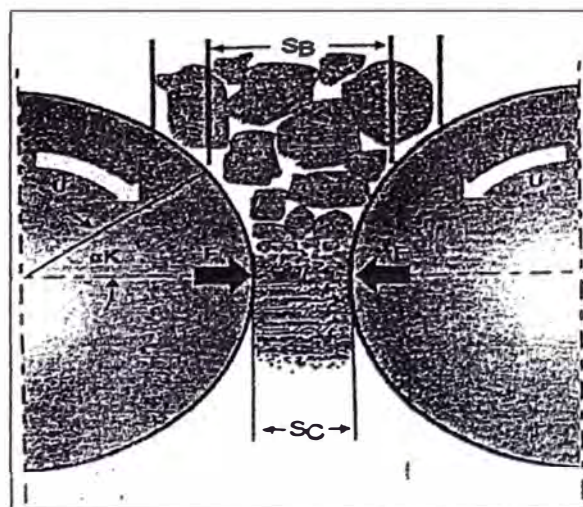


Figura N° 15: Esquema de la rotura entre partículas en la chancadora de rodillos de alta presión

2.2.2 Límite de diseño de chancadoras:

Hay 3 límites de diseño para las chancadoras y estos son:

A. Límite de volumen

Toda cavidad de chancado tiene un límite volumétrico que determina la máxima cantidad a pasar.

La chancadora opera al límite volumétrico cuando la cámara está llena. Se excede el límite volumétrico cuando el material de alimentación rebasa la chancadora.

Las consecuencias al exceder el límite volumétrico: el material de alimentación se rebalsa, daños a equipos cercanos, se requiere hacer una limpieza.

B. Límite de potencia

Toda chancadora está diseñada para un máximo consumo de potencia.

El consumo de potencia crece cuando: se incrementa la alimentación, el material de alimentación se chanca más fino y cuando se excede el límite de potencia cuando la chancadora consume más potencia que la nominal del motor.

Las consecuencias al exceder el límite de potencia: la chancadora se detiene, es necesario desatascar la chancadora, daño a los componentes del equipo y limpieza requerida.

C. Límite de fuerza

Toda chancadora está diseñada con una fuerza de chancado máxima. La fuerza de chancado crece cuando se incrementa la alimentación o cuando el material de alimentación se chanca más fino. Se excede el límite de fuerza cuando el anillo de ajuste se mueve o "golpetea". Las consecuencias al exceder el límite de fuerza: Se daña el asiento entre el anillo de ajuste y la caja principal, se daña los componentes de la chancadora.

2.2.3 Factores que reducen la capacidad de una chancadora:

- a. Uso insuficiente de la potencia conectada.
- b. Capacidad de fajas insuficiente.
- c. Capacidad de zaranda / alimentador insuficiente.
- d. Área de descarga restringida.
- e. Material de alimentación muy duro.
- f. La chancadora opera a una velocidad menor a la recomendada.

2.2.4 Direccionamiento de carga hacia la chancadora:

- a. Se debe alcanzar la distribución de alimentación apropiada.
- b. La alimentación debe caer en plano vertical al centro del plato de alimentación.
- c. Esto es particularmente importante cuando hay requerimientos de producto más fino.

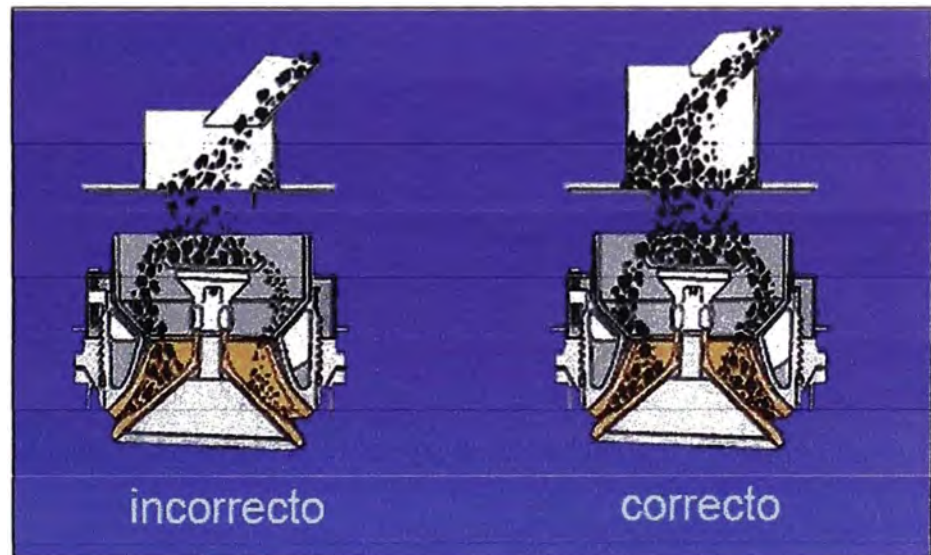


Figura N° 16: Esquema de direccionamiento de carga hacia la chancadora

2.2.5 Variables en la sección chancado:

- Contenido de humedad: Cuando es inferior de 5% en peso no surgen dificultades cuando excede de 5.5% se vuelve pastoso adherente, tendiendo a

atascar la chancadora.

- **El tipo de alimentación:** La alimentación obstruida se refiere a que la tolva alimentadora de las chancadoras generalmente se mantiene llena, y al rebosar o atascar hace que el producto no se descargue libremente y disminuya la capacidad de producción.
- **Consumo de energía:** Se calcula con al formula de Bond que dice “El trabajo total utilizado en la fragmentación, que ha sido aplicado a un peso establecido de material homogéneamente fracturada, invariablemente es proporcional a la raíz cuadrada del diámetro de las partículas producidas”.
- **Contenido de sólidos metálicos y otros materiales:** Es otra de las variables importantes que se puede controlar, con el fin de no dañar la chancadora. El mineral no debe tener piezas metálicas y otros, llámese clavos, pernos, tuercas, rieles, barrenos, madera, etc. que siempre acompañan al mineral y deben ser sacados o separarlos del mineral, puesto que si pasan estos objetos malograrían la chancadora.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TEMA

3.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS EN LA SECCION CHANCADO

3.1.1. Criterios de selección de equipos en la trituración o chancado primario:

Los criterios de selección de equipos se basan:

➤ Criterios operativos: Este criterio está basado en el propósito de reducir el material a un tamaño que permita su transporte en fajas transportadoras. En algunas plantas concentradoras la trituración primaria se hace con una trituradora de mandíbulas mientras que en otras en especial para capacidades muy elevadas se usan generalmente trituradoras giratorias para el chancado primario. Por otro lado, cuando el material es fácil de triturar y no muy abrasivo, se usa trituradoras de impactos.

Una de las características más importantes de una trituradora primaria es su capacidad de recibir fácilmente el material de alimentación sin formar puentes. La desventaja de seleccionar una trituradora de mandíbulas, cuando se requiere alta capacidad, es la relativamente reducida anchura de descarga que limita la capacidad en comparación con el circuito de descarga de una trituradora giratoria. Las trituradoras de mandíbulas se usan principalmente en plantas con una producción de hasta cerca de 1600 t/h.

La trituradora giratoria primaria ofrece una alta capacidad gracias a la abertura circular de descarga dimensionada (que provee una área mucho más larga que la de la trituradora de mandíbulas) y al principio de operación continua (mientras que el movimiento de vaivén de la trituradora de mandíbulas resulta en una acción de trituración intermitente). La trituradora giratoria se utiliza en plantas grandes

con capacidades desde 1200 t/h para arriba. Para tener una abertura de alimentación correspondiente a la de una trituradora de mandíbulas, la trituradora giratoria primaria debe ser mucho más alta y pesada, requiriendo también una cimentación maciza.

La trituradora de impactos primaria ofrece alta capacidad y ha sido diseñada para aceptar material de alimentación de grandes dimensiones. Las trituradoras de impactos primarias se usan para procesar desde 200 t/h hasta 1900 t/h y tamaños de alimentación de hasta 1.830 mm (71"). Las trituradoras de impactos primarias se usan normalmente en aplicaciones no abrasivas y donde la producción de finos no constituye un problema.

➤ Criterios técnicos: Estos criterios están relacionados con la granulometría del mineral a tratar, de acuerdo al producto deseado y de acuerdo al tonelaje a tratar; todas estas especificaciones conllevan a seleccionar técnicamente una chancadora.

➤ Criterios de coste: Una trituradora primaria grande es naturalmente más cara que una de pequeña dimensión. Por ello, se comparan los cálculos de los costes de la inversión en trituradoras primarias con los costes totales de las etapas primarias, incluyendo el desmonte del frente de roca, voladura y perforación.

En muchos casos, el transporte del mineral de la mina hacia la trituradora primaria se realiza a través de volquetes, aspecto que es una solución muy cara, tomando en cuenta los costos de amortización, combustible, neumáticos, y de mantenimiento.

Desde el punto de vista de la abertura de alimentación se consigue un mejor retorno sobre la inversión cuando la trituradora primaria es una trituradora de mandíbulas, ya que las necesidades de perforación y voladura son menores porque la trituradora puede aceptar bloques de piedra más grandes.

➤ **Criterios ambientales:** Estos criterios vienen relacionados básicamente con los impactos que en chancado primario genera sobre los diferentes componentes ambientales en especial el aire por la emanación de polvo y ruido.

3.1.2. Criterios de selección en la trituración o chancado intermedio y trituración o chancado fino:

Los criterios de selección de equipos se basan:

➤ **Criterios operativos:** Este criterio está basado en el propósito de obtener la mayor reducción posible, en esta etapa se determinan la calidad del producto final. Para esta etapa de chancado se puede optar por las trituradoras de cono y de impactos. Los factores decisivos para la selección del equipo más adecuado son la abrasividad y la triturabilidad del material, así como la curva de granulometría deseada.

En la mayoría de los casos, las trituradoras de cono pueden dar una buena forma cubica a las granulometrías finas, sin embargo, éstas, se pueden adaptar a otras aplicaciones.

➤ **Criterios técnicos:** Los factores decisivos para la selección técnica de los equipos de chancado en esta etapa es la granulometría deseada el set requerido, el tonelaje a tratar, etc.

➤ **Criterios de coste:** Las trituradoras de cono constituyen generalmente una inversión más cara que las trituradoras de impactos. Sin embargo, cuando se usa de forma correcta, la trituradora de cono ofrece costes de operación más bajos que una trituradora convencional de impactos. Por lo tanto si se trituran roca dura y abrasiva es recomendable instalar trituradoras de cono en la etapa final de trituración fina.

➤ Criterios ambientales: Como se evaluó anteriormente estos criterios vienen relacionados básicamente con la polución; además se le puede añadir el derrame accidentales de hidrocarburos.

3.2. CÁLCULO DE LA TASA DE REDUCCION EN LA TRITURACION O CHANCADO

Todas las trituradoras tienen una tasa de reducción limitada, lo que significa que la reducción de tamaño se hace por etapas.

Ejemplo de determinación del número de etapas en la sección chancado:

El número de etapas depende del tamaño de alimentación y del producto requerido, como se demuestra a continuación:

Tamaño del material de alimentación: $F_{80} = 400$ mm; correspondiente a roca volada, 80% menor que 400 mm

Tamaño del producto: $P_{80} = 16$ mm

Tasa de reducción total (R) $F_{80}/P_{80} = 400 / 16 = 25$

Tasa de reducción en la etapa de trituración primaria $R_1 = 3$

Tasa de reducción en la etapa de trituración secundaria $R_2 = 4$

El total de dos etapas de trituración da $R_1 \times R_2 = 3 \times 4 = 12$

Esto no es suficiente. Necesitamos una tercera etapa de chancado. Ya que se deben usar tres etapas, se puede disminuir un poco la razón de reducción en cada etapa, dando mayor flexibilidad al circuito.

Razón de reducción de la primera etapa $R_1 = 3$

Razón de reducción de la segunda etapa $R_2 = 3$

Razón de reducción de la tercera etapa $R_3 = 3$

Juntas, las tres etapas dan $R_1 \times R_2 \times R_3 = 3 \times 3 \times 3 = 27 =$ reducción suficiente.

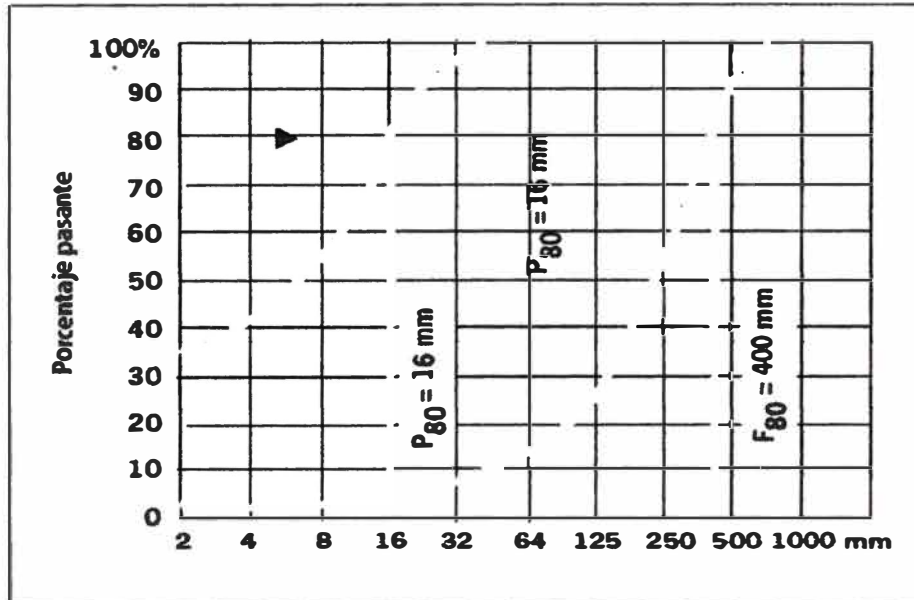


Figura N° 17: Esquema del cálculo de tasa de reducción

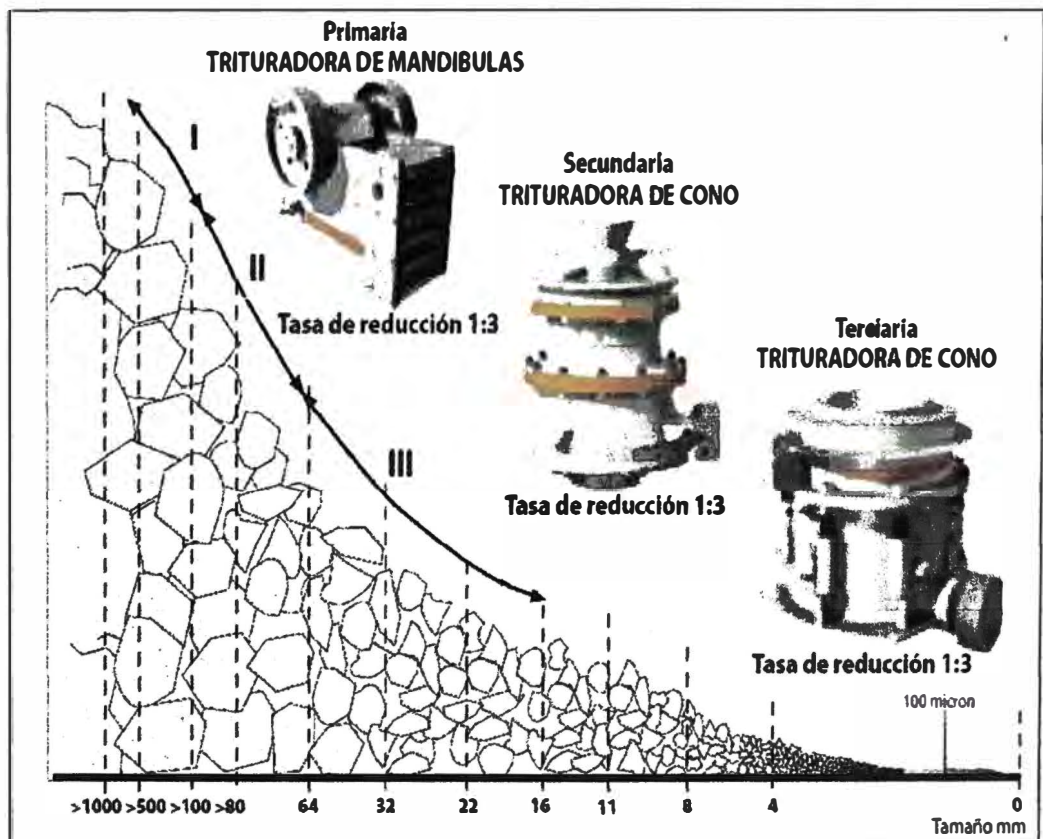


Figura N°18: Esquema de etapas de una sección chancado

3.3. SELECCIÓN DE LA TRITURADORA O CHANCADORA

Existen tablas de selección sobre las aplicaciones de las trituradoras. La información es meramente indicativa y no una regla rígida.

Ejemplos de selección de la trituradora

Ejemplo 1:

Se desea seleccionar una chancadora primaria con una capacidad de 160 TM/hora con una alimentación $F_{80} = 15''$ y un producto $P_{80} = 4''$; con una relación de reducción de 3.75.

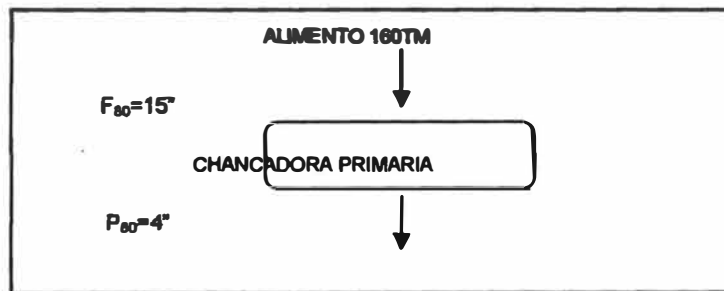


Figura N° 19: Esquema del ejemplo 1

Por lo tanto como se desea una chancadora primaria, se debe seleccionar entre una chancadora de quijada y una chancadora giratoria.

Las tablas de performance de selección de una chancadora primaria se encuentran en toneladas cortas, por lo tanto la capacidad que se requiere para este ejemplo es de 176ton/hora.

Luego en la tabla de performance de las chancadoras giratorias debería seleccionar una chancadora giratoria de 30" x 55", con capacidad de 335 ton/hora, para una abertura de 4", con un RPM de piñón 585, cuya potencia instalada será de 150 HP, (ver anexo 1, línea azul).

Por otro lado según la tabla de performance de las chancadoras de quijada debería seleccionar una chancadora de quijada de 25" x 40", con una capacidad de 200ton/hora, para una abertura de 4", con un RPM de piñón 225, cuya potencia instalada será de 100 HP, (ver anexo 2, línea azul).

Según lo expuesto, se selecciona una chancadora de quijada por las siguientes razones:

- menor costo de inversión
- menor costo de mantenimiento
- menor riesgo de operación.
- sobredimensionamiento.

Ejemplo 2:

Se desea seleccionar una chancadora secundaria con una capacidad de 120 TM/hora con una alimentación de $F_{80} = 2''$ y un producto $P_{80} = 0,75''$; con una relación de reducción de 2,6.

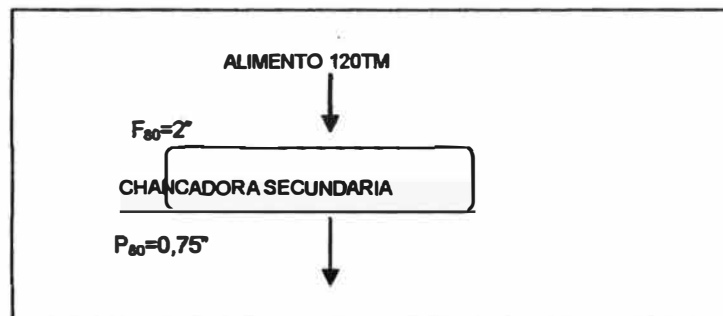


Figura N° 20: Esquema del ejemplo 2

Por lo tanto como se desea una chancadora secundaria, debo seleccionar entre una chancadora cónica estándar y una chancadora de cabeza corta.

Las tablas de performance de selección de una chancadora secundaria se encuentran en toneladas cortas, por lo tanto la capacidad que se requiere para este ejemplo es de 132 ton/hora.

Luego en la tabla de performance de las chancadoras cónica estándar se debe seleccionar una chancadora cónica estándar de 4¼ft, con capacidad de 140 ton/hora, para una abertura de 0.75", con un RPM de piñón 435, cuya potencia instalada será de 125 HP, con un diseño de forro fino, (ver anexo 3, línea roja).

Por otro lado según la tabla de performance de las chancadoras de cabeza corta debería seleccionar una chancadora de 5½ ft de forro medio, con una capacidad 135 ton/hora, para una abertura de 0.75", con un RPM de piñón 485, cuya potencia instalada será de 150 HP, (ver anexo 4, línea roja).

Según lo expuesto, se seleccionará una chancadora cónica estándar por las siguientes razones:

- menor costo de inversión
- menor consumo de energía
- menor costo de mantenimiento

Ejemplo 3:

Se desea seleccionar una chancadora primaria en circuito abierto, con una alimentación de 110 TM/hora.

Inicialmente este alimento pasa por una zaranda vibratoria primaria, el pasante de este tamiz mediante una faja transportadora alimenta a la tolva de finos y el retenido de éste alimenta a la chancadora primaria que se desea seleccionar.

Sabiendo que su $F_{80}=10''$ y que su $P_{80}=3''$. El set regulado de la chancadora primaria se considera $3\frac{1}{2}''$. Se está considerando que el 85% del producto será menor que el set de la chancadora.

A continuación de la chancadora primaria, se tiene una zaranda secundaria, cuyo tamiz es de 2¼". Luego, según anexo 5, se tiene que el 60% pasante del tamiz mediante una faja transportadora alimenta la tolva de finos; y el 40% retenido ingresará a una chancadora secundaria.

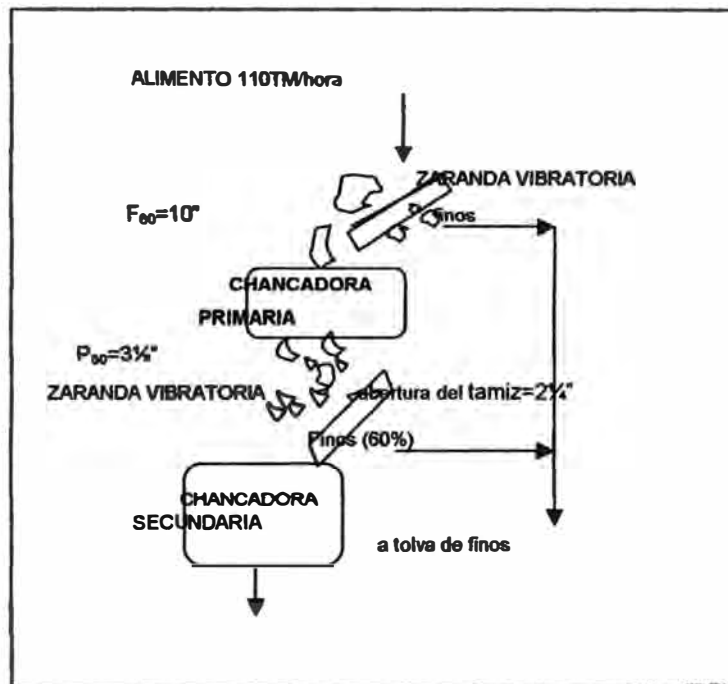


Figura N° 21: Esquema del ejemplo 3

Por lo tanto como se desea una chancadora primaria, debo seleccionar entre una chancadora de quijada y una chancadora giratoria.

La capacidad que se requiere para este ejemplo es de 121ton/hora.

Luego en la tabla de performance de las chancadoras giratorias debería seleccionar una chancadora giratoria de 30" x 55", con capacidad de 270 ton/hora, para una abertura de 3 ½", con un RPM de piñón 585, cuya potencia instalada será de 150 HP, (ver anexo 1, línea naranja).

Por otro lado según la tabla de performance de las chancadoras de quijada debería seleccionar una chancadora de quijada de 21" x 36", con una capacidad de 150 ton/hora, para una abertura de 3½", con un RPM de piñón 225, cuya potencia instalada será de 75 HP, (ver anexo 2, línea naranja).

Según lo expuesto, se seleccionará una chancadora de quijada por las siguientes razones:

- menor costo de inversión
- menor consumo de energía
- menor costo de mantenimiento
- menor riesgo de operación
- sobredimensionamiento

Caso práctico de criterios de selección en una Planta Concentradora de 100 TMSD:

Se desea seleccionar los equipos para la etapa de chancado de una planta concentradora de 100 TMSD, que iniciará sus operaciones en la sierra central.

Las consideraciones de selección:

- Tonelaje tratado
- Tipo de mineral tratado
- Costo de capital estimado por cada circuito.
- Costo estimado de operación (incluyendo el mantenimiento)
- Riesgos de operación.
- Seguridad, salud y medio ambiente
- Costo estimado de equipos

Considerando que Work index de 15 kwh/ton

Por lo tanto tomando las consideraciones del caso se propone, las siguientes alternativas:

Alternativa 1:

Se considera una chancadora primaria de quijada, en la que se considera. Con una alimentación de 15 TM/hora (17 ton/h), en esta alternativa el producto final se considera de 2 ½"; posteriormente se pasará a una etapa de molienda, (ver anexo 6, línea amarilla).

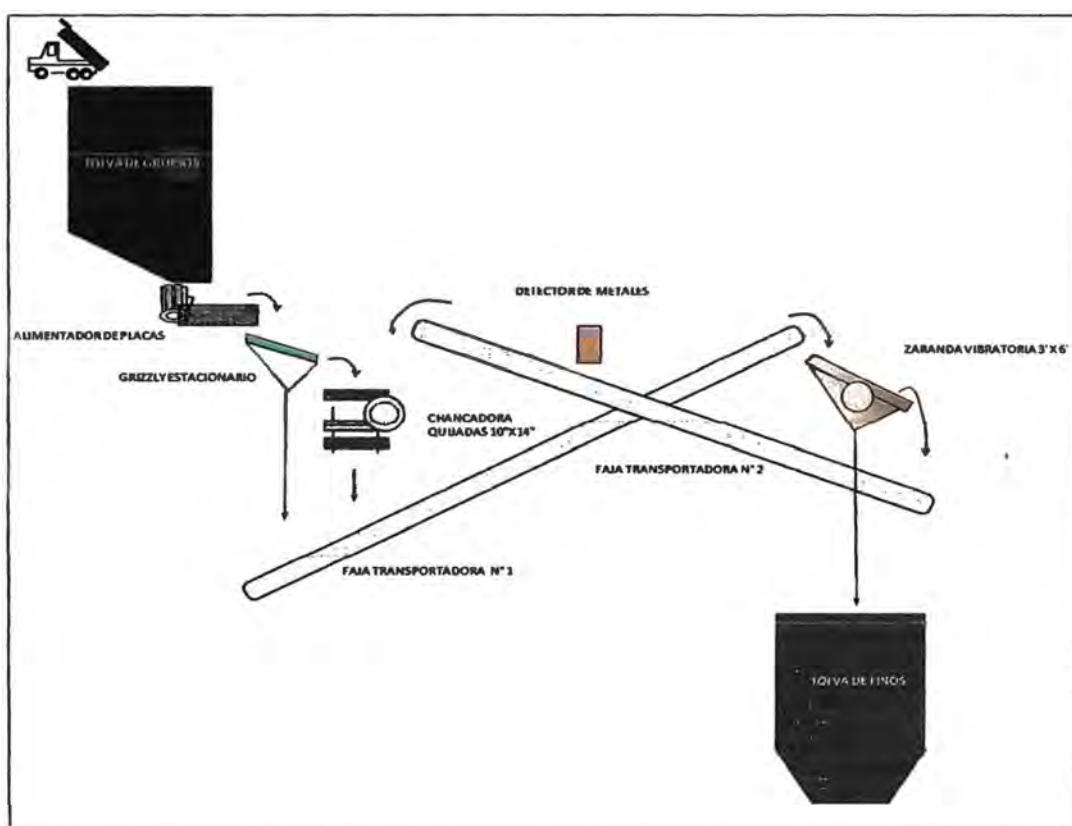


Figura N° 22: Esquema de la alternativa 1

Alternativa 2:

Se considera una chancadora primaria de quijada y una chancadora cónica. Con una alimentación de 9 TM/hora (10 ton/h), en esta alternativa el producto final se considera de 1 ½", (ver anexo 6, línea verde).

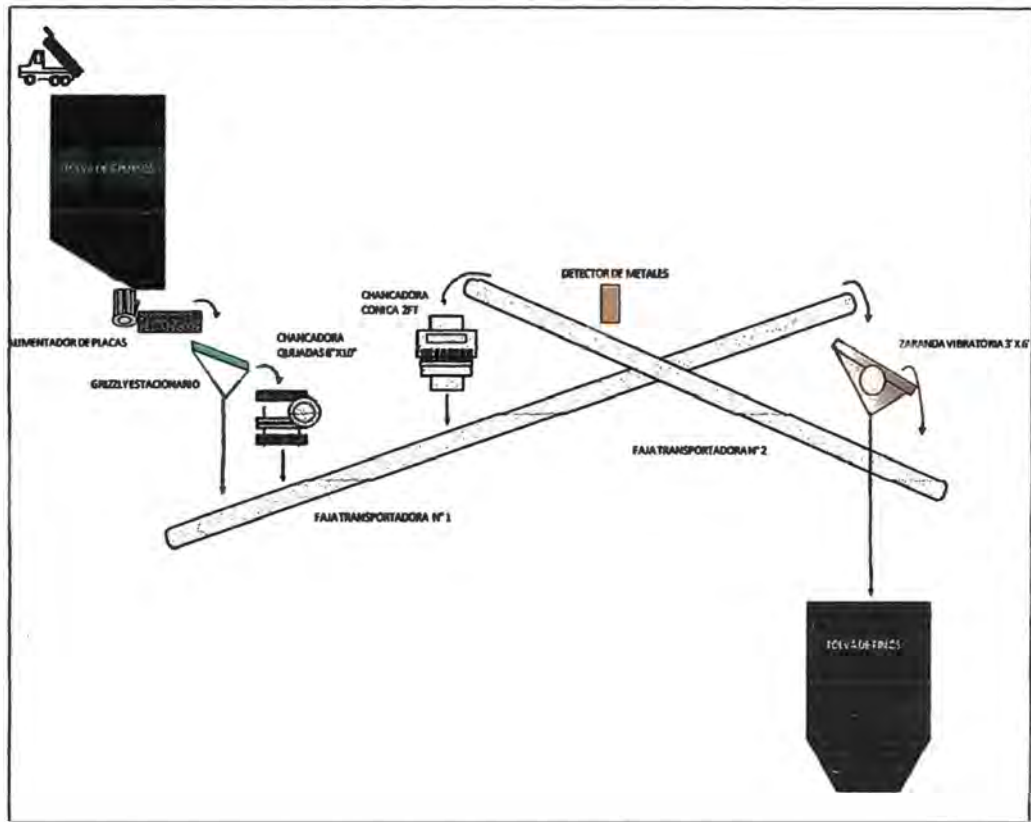


Figura N° 23: Esquema de la alternativa 2

Tabla N° 4: Comparación de alternativas

Consideraciones	Alternativa 1 (chancadora primaria)	Alternativa 2 (chancadora primaria y chancadora secundaria)
Energía consumida	Menor energía consumida (ver anexo 7)	Mayor energía consumida (ver anexo 7)
Consumo de acero	Menor	Mayor
Costos de mantenimiento	Bajo costo	Alto costo, por tener dos chancadoras.
Eficiencia	Baja	Alta, el uso de las chancadoras hace que su eficiencia aumente

Tiempo de chancado	Mayor	Menor
Equipos adicionales	Solo se usa la faja de chancadora primaria	Implementación de fajas para realizar circuito cerrado en chancado secundario
Infraestructura	Menor cantidad de terreno	Se requiere un terreno más amplio
Motor de chancadoras	Primaria 30HP (ver anexo 6, línea amarilla).	Primaria 10HP (ver anexo 6, línea verde); Secundaria 30HP (ver anexo 3, línea verde).
Costo de chancadoras	Chancadora de quijada \$ 25 000	Chancadora de quijada \$ 9 000 y la cónica \$ 40 000

Tabla N° 5: Análisis de costos

Consideraciones	Alternativa 1 (chancadora primaria)	Alternativa 2 (chancadora primaria y chancadora secundaria)
Costo Total de sección chancado	1. Tolva metálica de gruesos: \$ 18 000 2. Alimentador de placas: \$ 12 000 3. Faja transportadora 1 : \$ 6 500 4. Grizzly estacionario: \$ 1 500 5. Chancadora Quijada 10" x 16" : \$25 000 6. Detector de metales: \$ 8 500 7. Faja transportadora 2: \$ 7 000	1. Tolva metálica de gruesos: \$ 18 000 2. Alimentador de placas: \$ 12 000 3. Faja transportadora 1: \$ 6 500 4. Grizzly estacionario: \$ 1 500 5. Chancadora Quijada 8" x 10" : \$ 9 000 6. Detector de metales: \$ 8 500 7. Faja transportadora 2: \$ 5 000

	8. Zaranda vibratoria \$ 9 800	8. Zaranda vibratoria \$ 9 800 9. Chancadora cónica de 2ft: \$ 40 000
--	-----------------------------------	--

Realizando un análisis de las alternativas el costo de la primera alternativa es \$ 88 300 y de la segunda alternativa es \$ 110 300.

Se propone la alternativa 1 para el proceso de 100 TMSD; puesto que se inicia operaciones además el dimensionamiento de terreno disponible es pequeño, por lo se está considerando una chancadora primaria de 30HP, la que actuara en circuito cerrado.

Una de las principales ventajas de la alternativa 1 es el consumo de energía y el costo total de operación, siendo prioritario en un inicio de operaciones.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Las operaciones de conminución en la actividad minera constituyen la primera fase del ciclo productivo. El chancado, en la mayoría de los casos, se realiza en seco. Probablemente el circuito de conminución es la etapa de un mayor costo de inversión dentro del beneficio de minerales.
- La disposición de los equipos de chancado en una planta concentradora depende de varios factores, siendo el principal, los espacios existentes o disponibles. Para este propósito, generalmente se toma en cuenta la topografía del terreno ya que se debe aprovechar la gravedad para la transferencia de los materiales.
- En función de la topografía del terreno se pueden evaluar diferentes alternativas de ubicación de las trituradoras, pudiendo ubicarse trituradoras del mismo tipo y de diferentes dimensiones.
- Los criterios de selección de trituradoras toman en cuenta el factor operativo, técnico, de inversión y ambiental. Dentro del aspecto operativo se analiza la operatividad del equipo dentro del circuito (ubicación, horas de operación, tonelaje tratado, etc.). En el aspecto técnico se evalúa el medio triturante, la capacidad y la granulometría del material deseado.
- Por su parte el aspecto de coste toma en cuenta los grados de inversión necesarios y dentro del aspecto ambiental los impactos que el sistema elegido produce sobre el ambiente.
- Una adecuada selección de la cavidad triturante como función de las características del material a ser triturado aumenta la capacidad de las máquinas trituradoras y mejoran su performance.
- Para el aumento de la capacidad de las máquinas trituradoras, se debe tener en cuenta una adecuada distribución de tamaños en el alimento; el contenido de finos, el cual resta la eficiencia de trituración por lo que es necesario tamizarlos antes de alimentarse.

4.2 RECOMENDACIONES

- Según Hard Rock Miner's Rules of Thumb, se recomienda realizar una evaluación experimental antes de la selección final de una chancadora o trituradora. Por otro lado se recomienda que el alimento de una chancadora de quijada no debe exceder el 80% del tamaño de la boca.
- Evaluar los performances de las chancadoras de los diversos proveedores y tipos de las trituradoras o chancadoras, tomando en cuenta los criterios operativos, técnicos, de inversión y ambiental

CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFIA

- **DAVID L. PONCE**
Procesamiento de Minerales, Manual de Operaciones – Lima Perú
- **UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE**
Introducción a la Metalurgia 2003
- **INTERCADE ANALISIS DE PROCESOS**
Herramientas en procesamiento de Minerales para su optimización-2007
- **INTERCADE PLANTAS DE PROCESAMIENTO DE MINERALES**
Dimensionamiento y optimización 2008
- **ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ SAC**
Manual de Minería 2003
- **MS SC JUAN CHIA AQUIJE**
Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales – Lima Perú
- **HÉCTOR GODOFREDO BUENO BULLÓN**
Manual de Procesamiento de Minerales – Lima Perú 2003
- **JOSÉ MANZANEDA CABALA**
Procesamiento de minerales – Lima Perú 2002
- www.scribd.com/doc/225936/conminucion
- www.industria.uda.cl/.../trabajos/.../CONTROL%20EXPERTO.pdf
- www.pdf-search-engine.com/proceso-de-chancado-pdf.html
- www.toodoc.com/molienda-y-chancado-ebook.html
- www.revistas.unal.edu.co
- <http://web.ebscohost.com/ehost/detail>
- http://login.oaresciences.org/whalecomoarc.oaresciences.org/whalecom0/content/es/browse_journal_subject.php?subj=geology
- <http://login.oaresciences.org/whalecomwww.publish.csiro.au/whalecom0/?nid=190&aid=3003>

CAPÍTULO 6: ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE PERFORMANCE DE CHANCADORAS PRIMARIAS GIRATORIAS "SUPERIOR"																				
Tamaño de la chancador	Abertura de alimentación	RPM	pas. H	ABERTURA DE DESCARGA EN POSICIÓN ABIERTA (PULGADAS)																
				2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6"	6 1/2"	7"	7 1/2"	8"	8 1/2"	9"	9 1/2"	10"	10 1/2"
30x55	30x78	585	150	190	210	270	335	390	450	510										
30x55	30x78	585	190	240	320	400	480	560	620											
30x55	30x78	585	240	425	485	540	600	660												
30x55	30x78	585	300	605	675	735	800													
36x55	36x90	585	180	270	310	360	380													
36x55	36x90	585	240	390	440	500														
36x55	36x90	585	300	515	585															
46x55	42x108	497	265	540	660	790	920	1040	1170											
46x55	42x108	497	330	700	850	1000	1140	1300												
46x55	42x108	497	400	840	1020	1190														
48x74	48x120	497	300	930	1000	1080	1160	1230	1300	1380										
48x74	48x120	497	385	1280	1390	1480	1580	1680	1780											
48x74	48x120	497	425	1530	1640	1780	1860	1960												
48x74	48x120	497	500	1920	2060	2180	2340													
54x74	54x132	497	300	960	1040	1100	1160	1240	1330											
54x74	54x132	497	385	1340	1410	1500	1590	1700												
54x74	54x132	497	425	1560	1650	1750	1870													
54x74	54x132	497	500	1960	2070	2210														
60x89	60x145	435	330	1130	1170	1240	1310	1400	1480	1610										
60x89	60x145	435	410	1450	1540	1630	1740	1850	2000											
60x89	60x145	435	450	1680	1780	1900	2020	2200												
60x89	60x145	435	495	1960	2100	2230	2360													
60x89	60x145	435	600	2540	2600	2700														
60x109	60x145	400	1000	3250	3500	3790	4000	4250	4500											

Capacidades en Tons por hora (2000 Lb/hon) basada en 100Lb/pic3 de material chancado.

Tamaño de la chancadora: 30x55

Tamaño de abertura de alimentación ↑
Diámetro mas grande del mantle ↑

TABLA DE PERFORMANCE DE CHANCADORAS SECUNDARIAS GIRATORIAS "SUPERIOR"														
Tamaño de la chancador	Abertura de alimentación	RPM	pas. H	ABERTURA DE DESCARGA EN POSICIÓN ABIERTA (PULGADAS)										
				1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	
16x40	16x55	764	100	150	190	250	310	360						
16x40	16x55	764	125	250	308	350	390							
16x40	16x55	764	150	350	376	415								
24x60	24x66	585	175	195	230	260	305	340	380	415				
24x60	24x66	585	250	325	360	400	440	475	510					
24x60	24x66	585	300	415	475	525	575	620						
30x70	30x84	495	200	300	350	400	460	515	570	620	680			
30x70	30x84	497	265	480	500	550	610	665	720	770				
30x70	30x84	497	330	590	650	750	850	915	1000					
30x70	30x84	497	400	810	840	1060	1180	1310						

ANEXO 2

TABLA DE PERFORMANCE DE CHANCADORAS DENVER TIPO "J" DE QUIJADAS													
CAPACITIES Tons Per Hour at various crusher settings (inches)													
SIZE	3/4"	1 "	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"
10x36	13-20	16-28	25-45	40-55	50-75	75-100							
15x24			20-33	30-45	40-55	55-80	65-90	75-95					
15x36			30-45	45-68	60-75	75-120	100-150	115-170					
18x24				30-45	40-55	55-80	65-90	75-95					
18x36				45-68	60-75	75-120	100-150	115-170					
21x36				50-75	65-85	80-125	115-150	125-200	140-210	150-220	175-250		
24x36						80-125	115-150	125-150	140-210	150-220	175-250		
25x40						100-150	150-200	180-200	210-270	200-300	250-300		
32x40							160-220	200-280	260-360	342-420	400-480	460-520	
40x48									440-540	520-620	600-680	660-740	720-800

SPECIFICATIONS				
SIZE	MOTOR HP	CRUSHER RPM	MOVABLE JAW DEPTH (in)	STATIONARY JAW DEPTH (in)
10x36	50	275	27	23
15x24	50	275	40	35.5
15x36	60	250	40	35.5
18x24	50	275	40	35.5
18x36	60	250	40	35.5
21x36	75	225	51	45.5
24x36	100	225	51	45.5
25x40	100	225	62.5	56.5
32x40	150	200	74.5	68
40x48	200	200	94	84

ANEXO 3

CAPACITIES STANDARD CONE CRUSHERS												
Size of crusher	Capacities in tonnes (2000Lb) per hour as indicated discharge setting C with material weighing 100 pounds per cubic foot											
	3/16"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"
20 inch	8	10	15	20	25							
			15	20	25	30	35	40				
2 ft		15	20	25	30	35						
			20	25	30	35	40	45	50	60		
3 ft			35	40	55	70	75					
				40	55	70	75	80	85	90	95	
4 ft			60	80	100	120	135	150				
						120	135	150	170	177	185	
4 1/4 ft				100	125	140	150					
					125	140	150	160	175			
						140	150	160	175	185	190	
5 1/2 ft					160	200	235	275				
							235	275	300	340	375	450
								275	300	340	375	450
7 ft						330	390	450	560	600		
								450	560	600	800	
									560	600	800	900

STANDARD CONE CRUSHERS				
Size of crusher	DIMENSIONS			HP
	L	W	H	
20 inch	5' 9 3/16"	4' 2 1/2"	4' 10 1/4"	20 to 25
2 ft	7' 2 5/8"	4' 5 1/8"	5' 5 3/8"	25 to 30
3 ft	9' 1 5/8"	6' 2 1/2"	6' 6 1/2"	50 to 60
4 ft	10' 4 3/8"	7' 6 1/4"	8' 3 3/8"	75 to 100
4 1/4 ft	10' 6"	7' 6 1/2"	9' 7/8"	125 to 150
5 1/2 ft	12' 6 3/4"	8' 10 5/16"	11' 1/4"	150 to 200
7 ft	13' 10 3/16"	10' 5 3/8"	13' 1 5/8"	250 to 300
7 ft	13' 10 5/16"	10' 5 3/8"	13' 3"	250 to 300

STANDARD CONES			
Size of crusher	Type Bowl	Recommended Minimum Discharge Setting A	Feed Opening B
20 inch	Fine	3/16"	1 1/2"
	Coarse	3/8"	2 5/8"
2 ft	Fine	1/4"	2 1/4"
	Coarse	3/8"	3 1/4"
3 ft	Fine	3/8"	3 7/8"
	Coarse	1/2"	5 1/8"
4 ft	Fine	3/8"	5"
	Coarse	3/4"	7 3/8"
4 1/4 ft	Fine	1/2"	4 1/2"
	Medium	5/8"	7 3/8"
	Coarse	3/8"	9 1/2"
5 1/2 ft	Fine	5/8"	7 1/8"
	Medium	7/8"	8 5/8"
	Coarse	1"	9 7/8"
7 ft	Fine	3/4"	10"
	Medium	1"	11 1/2"
	Coarse	1 1/4"	13 1/2"

ANEXO 4

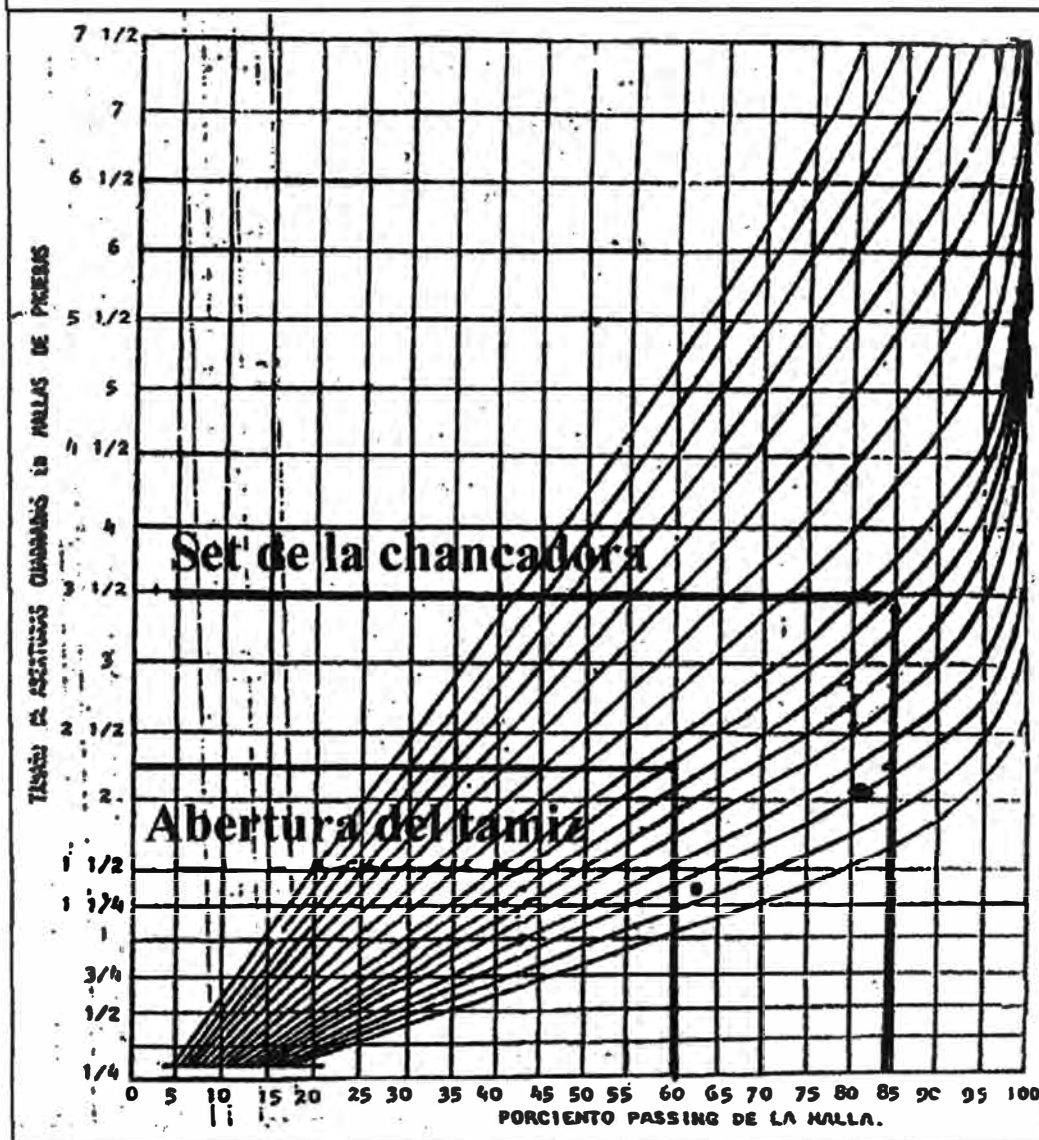
CAPACITIES							
SHORT HEAD CONE CRUSHERS							
Size of crusher	Capacities in tonnes (2000Lb) per hour as indicated discharge setting C with material weighing 100 pounds per cubic foot						
	1/8"	3/16"	1/4"	3/4"	5/8"	1/2"	3/8"
2 ft	6	6	10	14	20		
		8	10	14	20		
3 ft	15	20	30	40	50		
	15	20	30	40	50		
			30	40	50	60	
4 ft	20	35	50	75	100		
	20	35	50	75	100		
			50	75	100	125	
5 1/2 ft		65	100	135	175		
		65	100	135	175		
				135	175	210	245
7 ft		120	150	240	300	360	
				240	300	360	420
					300	360	420

SHORT HEAD CRUSHERS				
Size of crusher	DIMENSIONS			HP
	L	W	H	
2 ft	7' 2 5/8"	4' 5/8"	5' 5 7/8"	25 to 30
3 ft	9' 1 5/8"	6' 2 1/2"	6' 6 1/2"	60 to 75
4 ft	10' 6"	7' 6 1/2"	8' 5 3/8"	100 to 150
5 1/2 ft	12' 6 5/8"	8' 10 5/8"	11' 1/4"	150 to 200
7 ft	13' 10 5/8"	10' 5 3/8"	12' 10"	250 to 300

SHORT HEAD CONE CRUSHERS				
Size of crusher	Bowl	Recommended Minimum Discharge Setting C	Feed Opening	
			Minimum	Maximum
2 ft	Fine	1/8"	3/4"	1 3/8"
	Coarse	3/16"	1 1/2"	2"
3 ft	Fine	1/8"	1/2"	1 5/8"
	Medium	1/8"	1"	2"
	Coarse	1/4"	2"	3"
4 ft	Fine	1/8"	1 1/8"	2 1/2"
	Medium	1/8"	1 1/2"	2 7/8"
	Coarse	1/4"	2 3/4"	4"
5 1/2 ft	Fine	3/8"	1 1/4"	2 3/4"
	Medium	3/4"	2"	3 3/8"
	Coarse	3/4"	3 3/4"	5 1/4"
7 ft	Fine	3/16"	2"	3 3/4"
	Medium	3/8"	3 7/8"	5 3/4"
	Coarse	1/2"	5"	7"

ANEXO 5

ANÁLISIS DE MALLAS TÍPICOS DE PRODUCTOS DE CHANCADORAS MENORES DE 7 1/2"



ANEXO 6

TABLA DE PERFORMANCE DE CHANCADORAS DENVER TIPO "H" DE QUIJADAS							
SIZE	MOTOR HP	CRUSHER RPM	CAPACITIES Tons Per Hour at various crusher settings (inches)				
			1/2"	1"	1 1/2"	2 1/2"	3"
5x6	3	325		1.5	2.5	5	
8x10	10	250	1.33	4	7	10	12
10x16	30	250	3	9	17	33	40
10x20	30	225	6	16	28	44	52
11x30	40	225	8	20	36	64	80

ANEXO 7

Cálculo de Energía consumida:

1. Para la alternativa 1:

Energía consumida por una Chancadora de Quijada de 30HP:

Se considera para efectos de cálculo, que la energía suministrada es igual a la potencia del motor de la chancadora de quijadas, entonces:

$$P = 30\text{HP} = 22.4\text{kw}$$

Por lo tanto el consumo de energía para la alternativa 1:

$$W = P / \text{tonelaje tratado} = 22.4 \text{ kw} / 15\text{TM/hora} = 1.5 \text{ kwh/TM}$$

2. Para la alternativa 2:

Energía consumida por una Chancadora de Quijada de 10HP:

Se considera para efectos de cálculo, que la energía suministrada es igual a la potencia del motor de la chancadora de quijadas, entonces:

$$P = 10\text{HP} = 7.5\text{kw}$$

Por lo tanto el consumo de energía de la chancadora primaria es:

$$W = P / \text{tonelaje tratado} = 7.5 \text{ kw} / 9\text{TM/hora} = 0.8 \text{ kwh/TM}$$

Energía consumida por una Chancadora de secundaria de 30HP:

Se considera para efectos de cálculo, que la energía suministrada es igual a la potencia del motor de la chancadora de quijadas, entonces:

$$P = 30\text{HP} = 22.4\text{kw}$$

Por lo tanto el consumo de energía de la chancadora secundaria es:

$$W = P / \text{tonelaje tratado} = 22.4 \text{ kw} / 9\text{TM/hora} = 2.5 \text{ kwh/TM}$$

Finalmente el consumo de energía para la alternativa 2: 3.3 kwh/TM