

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“RESIDEÑO DEL PERFIL DE LA CÁMARA DE
TRITURACIÓN DE CHANCADORA CÓNICA
SYMONS-NORBERG DE 5 ½ PIES”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

JORGE ANCHANTE ANICETO

PROMOCION 1991-I

LIMA – PERU

INDICE

	Pág.
PRÓLOGO	1
CAPITULO 1	5
1 INTRODUCCION	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Objetivos del Proyecto	7
1.2.1. Objetivo General	7
1.2.2. Objetivos Específicos	7
1.3 Justificación	8
1.4 Alcance	8
CAPITULO 2	9
2 FUNDAMENTO TEORICO	9
2.1 Conminución	9
2.1.2. Trituración o chancado	9
2.2 Clasificación de las chancadoras	11
2.3 Características de la chancadora de quijada o mandíbula	12
2.4 Características de la chancadora giratoria	13
2.5 Trituración giratorios y de cono	14
2.5.1. Trituradores giratorios: Definición	14
2.6 Trituradores giratorios secundarios	16
2.7 Revestimientos	17
2.8 Estudio Teórico	19
2.9 Formula Básica	21

2.10 Velocidad de ataque	23
2.11 Cálculo de las trituradoras de simple efecto	24
2.12 Alimentación y evacuación	25
CAPITULO 3	32
3 DESCRIPCION Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO	32
3.1 Descripción del proceso de chancado de la planta concentradora	32
3.2 Descripción y especificaciones de la chancadora secundaria.....	37
3.2.1. Características de la Chancadora Cónica Symons	38
3.3 Parámetros Técnicos según Catálogos	41
3.4 Curva de Granulometría y Producción	43
CAPITULO 4	45
4 DESARROLLO DEL PROYECTO	45
4.1 Descripción de los problemas actuales en el equipo	45
4.2 Causas que originan los problemas mencionados	52
4.3 Características de la cámara de triturado del equipo	53
4.4 Planteamiento del nuevo perfil de la cámara de triturado	57
4.4.1. Datos del Mineral y de Operación	58
4.4.2. Esquema Teórico de la Cámara Actual	63
4.5 Simulación Computacional de los Perfiles Planteados	64
4.6 Selección del perfil apropiado	65
4.6.1. Esquema Teórico de la Cámara de Trabajo	66
4.6.2. Especificación del material a utilizar	67

CAPITULO 5	70
5 ANÁLISIS DE COSTOS	70
5.1 Repercusión económica de posibles eventualidades	70
5.2 Presupuesto para el Proyecto	72
5.3 Otros Costos	74

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS:

Anexo 1:	Flowsheet de procesos
Plano IS-PL-01	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Bowl Liner
Plano IS-PL-02	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Mantle Liner
Plano IS-PL-03	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Mantle Liner
Plano IS-PL-10	Chancadora Symons 5 ½' - Arreglo General
Plano IS-PL-11	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Nuevo Bowl Liner
Plano IS-PL-12	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Nuevo Mantle Liner
Plano IS-PL-13	Chancadora Symons 5 ½' - Detalle Nuevo Mantle Liner

PROLOGO

En los últimos años la producción mundial y por consiguiente la demanda de los diversos metales ha crecido notablemente. Los minerales constituyen el elemento base de la mayoría de las industrias. En prácticamente todos los países del mundo se realiza algún tipo de explotación minera. Esta actividad tiene importantes repercusiones económicas, ambientales, laborales y sociales, tanto en los países o regiones en que se practica como a escala global. Para muchos países en desarrollo la minería representa una parte significativa del PIB y, en muchos casos, la partida de entrada de divisas y de inversiones extranjeras más importante.

El Perú es un país de antigua tradición minera, tradición que mantiene y cultiva gracias a la presencia y expansión en su territorio de empresas líderes a nivel internacional que lo mantienen como uno de los países productores más importantes del mundo.

Precisamente con el fin de mantener estos elevados volúmenes de producción es fundamental potenciar la exploración minera y contar con índices altos en la calidad de los procesos operativos del rubro. Es importante asegurar altos niveles de disponibilidad, confiabilidad, utilización y rendimiento de los equipos, además de asegurar una buena calidad del producto. La correcta administración del mantenimiento es clave para lograr estos objetivos.

En el caso específico de nuestra minera que explota y procesa minerales polimetálicos, cuenta con estándares elevados en diversos rubros, que incluyen la calidad y el mantenimiento. Sin embargo, no teniendo la compañía minera la

intensión de crecer en los próximos años en su producción, no ve necesario la adquisición de nuevos equipos que se consideran críticos y lo que es importante recalcar, no tiene línea de producción ni equipos stand-by en el área de chancado.

En los últimos tiempos, tanto la trituradora primaria como la chancadora secundaria tienen un constante y exigente trabajo de producción, presentándose inconvenientes en su funcionamiento como es de esperar. A pesar de los programas de mantenimiento que se dan en cada parada de planta mensualmente, y por la cierta antigüedad de los equipos mencionados, ya se ha presentado fallas y roturas de algún componente interno, que ha conllevado a detener la producción por algunos días que se refleja en pérdidas económicas para la empresa.

El Área de Mantenimiento de la Planta recientemente ha presentado un informe a la Gerencia de la empresa acerca de la preocupación en torno a la Chancadora Secundaria, ya que por diagnósticos efectuados por una empresa especializada, este equipo puede tener una gran falla en cualquier momento e interrumpir la producción por largo tiempo y por ende, peligrar la estabilidad de la compañía. La Gerencia ha respondido al respecto, dando directivas para que se tomen acciones de prevención y la compra solo de algunos repuestos no considerados críticos.

En este sentido el presente informe tiene por objeto estudiar y rediseñar las consideraciones relativas al perfil de la cámara de trabajo, para conseguir mejorar la vida útil de la chancadora secundaria de la planta concentradora, según lo solicitado por la Alta Gerencia de la Empresa.

En el **Capítulo 1**, se realiza una introducción al tema, presentando los antecedentes para el presente trabajo, el objetivo del informe, la justificación y el alcance del proyecto.

En el **Capítulo 2**, se desarrolla la parte conceptual y técnica del informe, dando a conocer las características y las aplicaciones típicas de los trituradores en el sector minero y las consideraciones teóricas para el recalcado de la cámara de trituración.

En el **Capítulo 3**, se realiza la Descripción y se dan las Especificaciones Técnicas de la Chancadora Cónica Secundaria de la planta concentradora. Además se describe brevemente acerca de la Compañía Minera de nuestro caso y sus procesos de producción, dando atención especial al área de Chancado y sobre todo hablaremos del funcionamiento actual de equipo que es la razón de nuestro estudio.

En el **Capítulo 4**, se procederá al Desarrollo del Proyecto, donde se propondrá la geometría y perfil de los elementos trituradores de la chancadora, según lo establecido por el estudio y formulas dadas en el Fundamento Teórico del Capítulo 2 y analizará los resultados mediante la simulación de las partes utilizando un software informático especializado.

En el **Capítulo 5**, se presenta la evaluación de costos, tanto de las implicancias que se presentarían en la situación de un desperfecto grave en el equipo, así como el presupuesto en el que se detallan los gastos incurridos a lo largo de la ejecución del proyecto del rediseño y puesta en marcha.

Finalmente, en los Capítulos siguientes se presentan las conclusiones a las que se ha llegado, con el desarrollo del presente informe, la bibliografía de consulta; también se adjuntan como anexos diagramas e imágenes del proceso de montaje, protocolos de montaje, manuales de instrucción, operación y especificaciones técnicas de los equipos dados por el fabricante, planos generales de la disposición del equipo y la planta concentradora.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

La Empresa Minera considerada para nuestro proyecto está ubicada en la Sierra Central de nuestro país, a una altitud de 4,500.00 m.s.n.m. y es productora de concentrados polimetálicos, o sea, se extrae de los diferentes yacimientos subterráneos minerales de cobre, zinc, plomo y plata las cuales son procesadas en la planta concentradora propia de la mina. La producción diaria de la planta minera es de 2,200 TM y los concentrados obtenidos se venden tanto dentro como fuera del país.

Como breve historia mencionamos que la presente Compañía Minera adquiere las propiedades y activos de una anterior empresa, que venía procesando mineral desde los años 30. Esta adquisición ocurre en el año 2004, año en donde también inicia sus operaciones mineras en la zona. La mayor parte de sus activos cuentan con muchos años de antigüedad.

La planta concentradora en mención es del tipo de flotación, del cual se obtienen los concentrados antes mencionados, y cuenta con las siguientes etapas de operación:

- Chancado primario
- Chancado secundario

- Molienda
- Flotación
- Espesamiento y filtrado
- Relaves
- Planta de reactivos y cal

En cuanto a las operaciones mineras la mina utiliza el sistema de socavón con galerías y chimeneas de comunicación, realizando la extracción mediante vehículos cargadores y carros mineros hacia los piques verticales, desde donde se eleva el mineral mediante winches hasta las galerías principales, donde nuevamente con la utilización de carros mineros se conducen a la superficie, siendo el mineral apilado o depositado en tolvas de recepción, para su traslado posterior en camiones hacia la tolva principal de recepción de grueso en la planta concentradora.

En la sección de chancado secundario de esta planta concentradora, se tiene una chancadora de cono Symons-Norberg de 5 ½ pies de tamaño, que debe procesar mineral de 3" y reducirlo a 13 mm máximo que se almacenará en las tolvas de finos antes de pasar a la etapa de molienda. Actualmente esta chancadora presenta una serie de problemas en su funcionamiento, como el pronunciado levantamiento del anillo de ajuste, recalentamiento del sistema de lubricación y constante fuga de aceite de lubricación en el interior de la maquina. Se han hecho las consultas a personas y empresas especializadas acerca de estos problemas y se ha llegado a la conclusión de que existe una alimentación inadecuada de material al equipo en cuanto a que se tiene presencia de excesivo material fino, debiéndose analizar

también el funcionamiento de los equipos previos al proceso, como la chancadora primaria, los equipos de zarandeo y hasta las mismas fajas transportadoras, para determinar el porqué se conduce esta roca fina.

Mientras tanto se hace necesario trabajar en nuestra chancadora secundaria para solucionar los inconvenientes presentes, ya que con el tiempo puede haber rotura de gravedad de algún o varios componentes del equipo, repercutiendo en la economía de la empresa.

Es así que se ha definido en esta empresa el replantear el perfil de la cámara de trituración de la chancadora, donde analizando las características del mineral que se va a procesar reconfiguraremos la forma de los forros de contacto que son suministrados actualmente por la empresa que nos vende estas partes. Se espera que con la nueva geometría se corrijan o reduzca considerablemente los problemas presentes.

1.2. Objetivos del Proyecto

1.2.1. Objetivo General

Rediseñar el perfil de la cámara de trituración de la chancadora cónica secundaria de una Compañía Minera con la finalidad de mejorar y optimizar el proceso actual y conservar en buen estado operacional los otros componentes del equipo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Aumentar la vida útil del equipo mejorando el proceso propio de conminucion o triturado del mineral.

- Reducir los costos de mantenimiento preventivo proyectados por la empresa.
- Dar suficiente tiempo a la Gerencia de la empresa para que pueda adquirir un nuevo equipo en los años próximos, y así hacer el cambio correspondiente y proceder a realizar un overhaul completo al antiguo chancador para poderlo utilizar como equipo stand-by.

1.3. Justificación

Debido a los altos costos de los repuestos y parte importantes del sistema motriz y conjuntos móviles de una chancadora y por otro lado la decisión tomada por los directivos de la empresa en no incurrir en tales gastos hasta un futuro próximo por razones obvias, se llega al acuerdo entre las áreas técnicas de la empresa de efectuar el rediseño de la cámara de trabajo o de trituración de la chancadora secundaria, considerando que los problemas de funcionamiento que se están presentando en el equipo se debe a la notable no uniformidad en el tamaño de la roca mineral que se procesa, estando el porcentaje de finos por encima de lo recomendado, por lo que se debe cambiar la forma de la cámara en mención.

1.4. Alcance

La ejecución del proyecto comprende el desarrollo de la ingeniería y nuevo diseño del perfil de los forros de triturado, la elaboración de la ingeniería de detalle, el montaje de los forros en reemplazo de los existentes y los alineamientos, ajustes y pruebas de puesta en marcha correspondientes.

Así mismo la selección del material adecuado para los componentes de la trituración.

CAPITULO 2

FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Trituración o chancado

2.1.1. Comminución

Se denomina comminución en términos generales a la reducción de trozos grandes a fragmentos pequeños de rocas. La comminución usualmente se lleva a cabo en dos pasos relacionados pero separados, los cuales son trituración o chancado y molienda.

2.1.2. Trituración o chancado

El chancado es una operación unitaria o grupo de operaciones unitarias en el procesamiento de minerales, cuya función es la reducción de grandes trozos de rocas a fragmentos pequeños. La chancadora es la primera etapa de la reducción de tamaños, generalmente trabaja en seco y se realiza en dos o tres etapas que son: chancadora primaria, secundaria y ocasionalmente terciaria.

Las chancadoras se diseñan de modo que reduzcan las rocas, de tal manera que todos los fragmentos sean menores que el tamaño establecido, la energía que se gasta en la chancadora es convertida en gran parte, en sonido y calor; por lo que se acepta generalmente, que la eficiencia de chancado es baja; ésta eficiencia puede variar,

porque las menas tienen cierta dureza, humedad, contenido de finos, etc.

El chancado, se lleva a cabo mediante máquinas que se mueven lentamente en una trayectoria fija y que ejercen presiones inmensas a bajas velocidades, la acción de chancado se aplica sobre la roca por una parte móvil que se acerca y se aleja de una parte fija, el mineral es cogido y presionado entre estas dos partes. Si las deformaciones producidas por las fuerzas aplicadas no exceden el límite elástico del material, entonces no habrá chancado. Por otro lado, si se excede el límite elástico en los puntos donde se aplica la fuerza, se producirán grietas y roturas; las cuales originan que la energía de deformación, fluya hacia la superficie y las grietas se propaguen causando fracturamiento. Una vez que las rocas grandes han sido rotas, los fragmentos caen hacia abajo dentro de la máquina, hasta que son nuevamente cogidas y presionadas por la quijada.

Hay cuatro maneras básicas de reducir el tamaño del material que son: Impacto, atrición (fricción), deslizamiento y compresión.

- 1. Impacto.-** Se refiere a un golpe instantáneo de un objeto moviéndose contra otro; ambos pueden estar moviéndose en cuyo caso nos encontramos ante un impacto dinámico.
- 2. Atrición.-** El término es aplicado para la reducción de material, por medio de fricción entre dos superficies duras.

3. **Deslizamiento.-** La reducción de tamaño por deslizamiento, consiste en cortar por hendiduras el material.
4. **Compresión.-** En las chancadoras mayormente intervienen fuerzas de compresión, como su nombre lo indica la chancadora por compresión es hecha entre dos superficies, generalmente usan este método las chancadoras de quijada y las giratorias.

Generalmente el equipo usado en la trituración, hace uso combinado de los métodos descritos, donde la naturaleza y dureza del material juega un rol importante. Además ciertas rocas y minerales son más duras que otras y ofrecen por lo tanto una mayor resistencia a la fractura.

La importancia del chancado para el procesamiento de minerales, radica es que mediante ella, es posible **liberar** los minerales valiosos de los estériles y preparar las superficies y el tamaño de las partículas para procesos posteriores de concentración.

El tamaño del producto de la operación de chancado a nivel industriales del orden de 3/4", 1/2", 3/8" y 1/4". Dependiente fundamentalmente de la capacidad de la planta y de las características del mineral.

2.2. **Clasificación de las chancadoras**

Las chancadoras se clasifican de acuerdo al tamaño del mineral tratado que son:

1. **Chancadora Primaria.-** La cual tritura tamaños enviados directamente de las minas (rocas de un máximo de 60") hasta un producto de 8" a 6". En este tipo se usan mayormente las chancadoras de Quijadas o Mandíbula.
2. **Chancadora Secundaria.-** Que toma el producto de la chancadora primaria y lo reduce a productos de 3" a 2". En este tipo se usan las chancadoras Giratorias o de Cono.
3. **Chancadora Terciaria.-** Que toma el producto de la chancadora secundaria y lo reduce a fragmentos de 3/4", 1/2", 3/8" y 1/4"; los cuales se envían a un molino de barras o bolas según sea el caso. En este tipo se usan las chancadoras Giratorias o de Cono.

2.3. **Características de la chancadora de quijada o mandíbula**

Podemos mencionar las siguientes características:

- Abertura grande de recepción.
- La forma de la abertura de recepción, favorece la alimentación de rocas de tamaño grande. Esto le da una ventaja sobre la chancadora giratoria.
- Las muelas o blindajes pueden invertirse en la quijada y los costos operarios son varias veces menores que las giratorias.
- La chancadora de quijada manipula alimentación sucia y pegajosa, ya que no existe lugar debajo de la quijada, donde el material se puede acumular y obstruya la descarga.
- Los mantenimientos de rutina se efectúa más fácilmente en una chancadora de quijada.
- Los tipos de chancadoras de quijadas son : Chancadora tipo Blacke, Chancadora tipo Dodge y la Chancadora tipo Universal.

2.4. Características de la chancadora giratoria

Podemos mencionar las siguientes características:

- La chancadora giratoria se compone fundamentalmente de un tronco de cono recto, donde se coloca el "Mantle" (móvil) que es como una campana y se mueve excéntricamente en el interior de una cámara. Encima del mantle se coloca como una taza llamado **Bowl Liner** (fija), la trituración del mineral se efectúa en el espacio anular comprendido entre el mantle y el bowl liner. Para regular la salida del mineral se sube o se baja el bowl liner (taza).
- La abertura anular de descarga, da lugar a la obtención de un producto más cúbico y homogéneo.
- La forma de la abertura de recepción es favorable, para la alimentación de trozos delgados, lisos y llanos.
- La longitud de la abertura de recepción combinada con el área grande, minimiza los campaneos o atoros.
- La alimentación es más simple, puede ser alimentada desde por lo menos dos puntos.
- El bajo efecto de la volante, minimiza los picos de arranque.
- El servicio de las grúas puente, es más simple que para una chancadora de quijada; una giratoria se puede manipular mediante una sola grúa, mientras que una de quijada necesita una grúa con movimiento en dos direcciones.
- La velocidad mayor del eje del piñón, permite el uso de motores de velocidades mayores.
- El sistema de lubricación es forma continua, mediante una bomba.

- La lubricación es continua y es más simple y económica que en la chancadora de quijada.
- La protección de seguridad es mucho más fácil.
- Los tipos de chancadoras giratorias son: Chancadora Allis Chalmers y chancadora Symons.
- Dentro de las chancadoras Symons existen dos tipos que son: Chancadora Symons Standard, la que más se utiliza industrialmente y la Chancadora Symons de cabeza corta.

2.5. Trituradores giratorios y de cono

2.5.1. Trituradores giratorios: Definición

En este tipo de equipos los materiales a triturar se reducen por compresión, al igual que en las chancadoras de mandíbulas, con la diferencia de que aquí se realiza entre una pieza troncocónica que tiene un movimiento excéntrico en el interior de un espacio limitado por una pared también troncocónica pero invertida.

De esta manera, la superficie con forma de tronco de cono se acerca sucesivamente a cada una de las generatrices de la pared cóncava fija para alejarse posteriormente. Así, a la vez que se realiza el acercamiento a un punto, en el lado diametralmente opuesto se produce el máximo alejamiento entre el tronco de cono y la pared circular. Esto significa que en estos equipos siempre hay material de alimentación bajo presión, a la vez que se produce la caída de los materiales con tamaño más pequeños hacia zonas inferiores, donde

tendrá una nueva fragmentación para posteriormente darse la evacuación por gravedad de los materiales fragmentados.

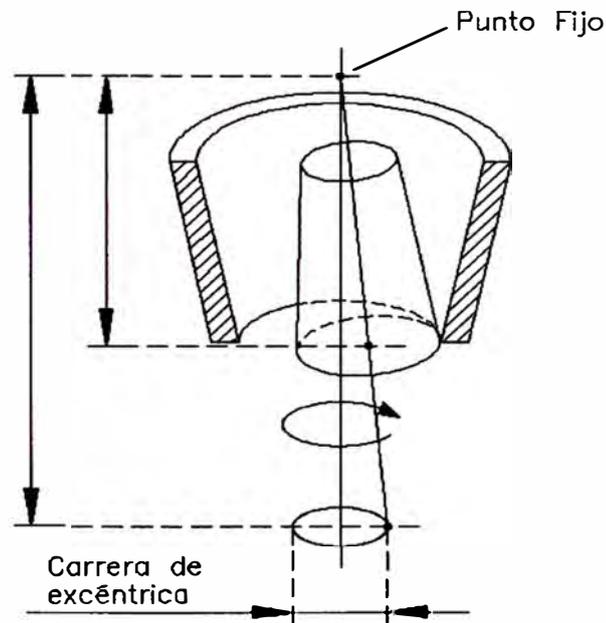


Figura 2.1.- Esquema de funcionamiento de un triturador giratorio.

El modo de acción de un triturador giratorio es muy similar al de una chancadora de mandíbulas. Ambos trabajan por compresión; sin embargo, el triturador giratorio trabaja en continuo mediante una sucesión ininterrumpida de acciones alternadas de presión y expansión. Por eso, se dice que los giratorios trabajan en continuo en una mitad de su volumen, mientras que las chancadoras de mandíbulas trabajan la mitad de tiempo en la totalidad de su volumen.

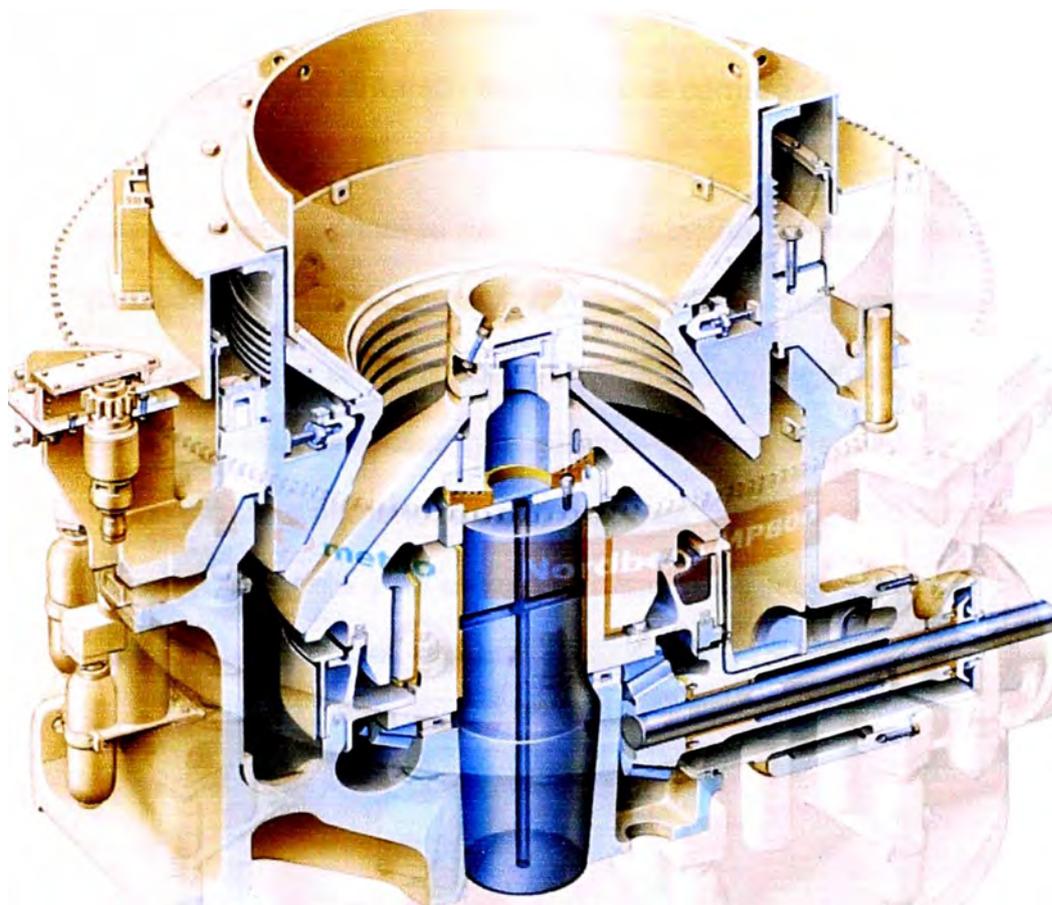


Figura 2.2.- Vista interior de la chancadora cónica

2.6. Trituradores giratorios secundarios

El término secundario en los trituradores giratorios se utiliza cuando el equipo va situado después de una trituradora de mandíbulas o de otro triturador giratorio. Se utilizan para obtener productos más pequeños que los generados por los trituradores giratorios primarios y chancadoras y son equipos con diseños muy similares que funcionan a mayores velocidades y se ajustan a reglajes más cerrados.

Morfológicamente se diferencian de posprimarios únicamente en que tienen una boca de alimentación menor, y una cámara de trituración mas tendida.

Los giratorios primarios tienen una relación de reducción de 6 a 1 dando productos finales de hasta 150 mm, mientras que los giratorios secundarios se caracterizan por una abertura de admisión de entre 400 mm y 700 mm y absorben los materiales procedentes de una chancadora de mandíbulas o de un giratorio primario. Su reducción va desde los 150 mm hasta los 40 mm aproximadamente y se utilizan habitualmente como primarios en graveras y como secundarios en canteras.

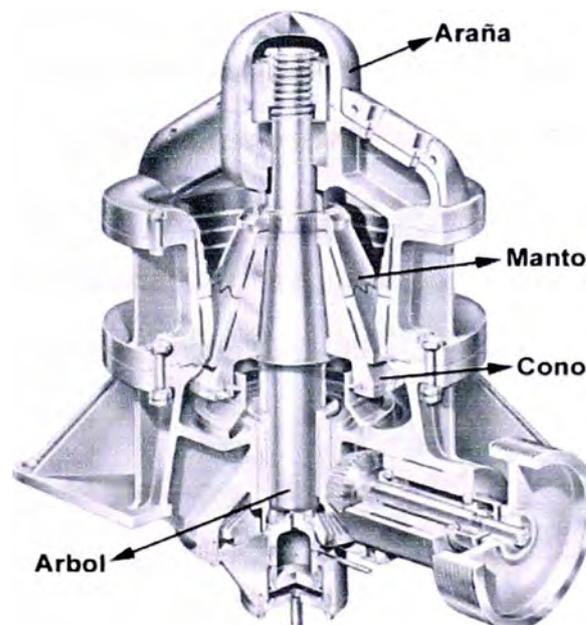


Figura 2.3.- Chancador giratorio.

2.7. Revestimientos

Los revestimientos, tanto de los trituradores giratorios como de los trituradores de cono, están fabricados generalmente en acero al manganeso Hadfield. Este acero, con una proporción de manganeso del 12% al 14 %,

denominado austenítico, se caracteriza por su gran resistencia al desgaste y por su alta tenacidad.

Aunque este acero es que ha dado resultados más satisfactorios hasta el día de hoy, se sigue investigando en otras aleaciones como, por ejemplo, de cromo de molibdeno, etc., e incluso con manganeso, pero con otras proporciones. Estas aleaciones son 12-14% Mn+Cr, 12-14% Mn+Cr+Mo y 16-18% Mn+Cr.

Las investigaciones han demostrado que si la proporción de Manganeso disminuye por debajo del 12% la aleación se vuelve muy blanda y aguanta poco al desgaste, mientras que si se aumenta la proporción por encima del 14% incrementa considerablemente su resistencia al desgaste pero se vuelve poco tenaz rompiéndose con facilidad. Por lo tanto, hoy en día la aleación más indicada para los giratorios y los conos es la de acero al manganeso en la proporción 12-14%.

Por encima del 14% el acero se debe utilizar en masa para evitar su rotura siendo muy utilizado en los molinos impactores.

Los giratorios tienen el eje troncoconico central fabricado en acero al manganeso 12-14% de una sola pieza y la cámara de trituración está formada por un mosaico de placas de acero con la misma proporción de manganeso formando una única gran pieza.

En el caso de los conos el eje central troncocónico está formado, al igual que en los giratorios primarios, por una sola pieza del mismo acero y la cámara de trituración está formada también por una sola pieza, igualmente de acero al manganeso 12 - 14%, denominada aro de trituración.

2.8. Estudio Teórico

El modo de acción de los trituradores giratorios sobre los materiales a fragmentar es exactamente el mismo que en las trituradoras de mandíbulas; por lo tanto se puede aplicar la teoría establecida a las trituradoras de mandíbulas para los giratorios clásicos.

Las trituradoras de mandíbulas trabajan por compresión lenta sometiendo a los materiales a esfuerzos de compresión que sobrepasan el límite elástico y, por consiguiente, provocan la ruptura por aplastamiento.

El número de compresiones puede variar de 50 a 750 por minuto, siendo lo más habitual entre 150 y 300. La velocidad de oscilación óptima está unida a la amplitud de la carrera, siendo esta función de la elasticidad relativa de los materiales a fragmentar.

El Grado de Reducción (GR) de una máquina de fragmentación se obtiene por el coeficiente entre la dimensión máxima de la piedra a la entrada de la trituración y la dimensión máxima a la salida, y se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$GR = \frac{\text{Dimensión máxima a la entrada}}{\text{Dimensión máxima a la salida}}$$

El grado de reducción total puede obtenerse en una planta de chancado en una sola etapa de trituración o en varias, como suele ser habitual.

El Coeficiente de Forma (CF) de las partículas de un grano, obtenido en un equipo de triturado, indica numéricamente la uniformidad de sus dimensiones máximas. Se expresa como relación entre el volumen de un grano y el volumen de la esfera circunscrita a ese grano. Los valores de referencia del coeficiente de forma más utilizados son los siguientes:

CF = 1 para los granos esféricos

CF = 0,36 para los granos cúbicos perfectos

CF < 0,36 para los granos más o menos lajados

Este coeficiente es muy empleado en la fabricación de hormigones y de aglomerados asfálticos porque indica que, al igual que el volumen de los granos, cuando mayor sea el coeficiente de forma menor será la superficie de los mismos y, por tanto, hará falta menos aglomerantes para envolverlos. También indica que cuanto mayor sea este coeficiente menor espacio libre habrá entre granos, con lo que se consigue una mayor densidad y un ahorro de aglomerante.

Para las capas de rodaduras es perfecto un buen coeficiente de forma que indica que los granos son robustos con aristas fuertes.

2.9. Fórmula Básica

La bajada de materiales desde la entrada a la salida de las mandíbulas es provocada únicamente por la gravedad, actuando durante el movimiento de retroceso de la mandíbula móvil, lo que condiciona la capacidad de producción de la chancadora.

Con mandíbulas rectilíneas el volumen liberado en cada carrera varía desde la entrada hasta la salida, con un mínimo en las propiedades de ésta. Por lo tanto, es el volumen del prisma de la zona inferior el que limita las posibilidades de producción.

Hersam dice que el volumen del material expulsado en cada movimiento de la mandíbula móvil corresponde al prisma bb' cc' cuya altura h representa la caída recorrida en caída libre por un fragmento de material de la capa bb', durante el tiempo de retroceso de la mandíbula móvil. (Ver figura 2.4).

Expresando mediante una fórmula quedaría:

$$Q = 30 \frac{T^2 + 2ST}{G - S} n \cdot W \cdot D \cdot \delta \cdot k$$

Donde:

Q : producción horaria en toneladas métricas.

R : ancho de la mandíbula.

S : revoluciones por minuto.

n : densidad aparente del material a la salida de la chancadora.

K : es un coeficiente de rendimiento que Hersam propone establecer en un valor medio convencional de 0,75 que según las circunstancias puede variar entre 0,5 y 1.

Q se obtiene en toneladas métricas si D, G, S, T y W se expresan en metros.

Las características físicas del material a triturar pueden influir sobre la velocidad de aplastamiento y de deslizamiento en las mandíbulas: los factores de homogeneidad, coeficiente de elasticidad y peso específico forman lo que se llama el coeficiente de triturabilidad.

De esta forma, Hersam ha comprobado en cálculos experimentales de su fórmula que el coeficiente de rendimiento k puede variar de 0,72 para una roca compacta a 0,84 para una roca elástica como el cuarzo, pasando por un valor medio de 0,76 para el granito.

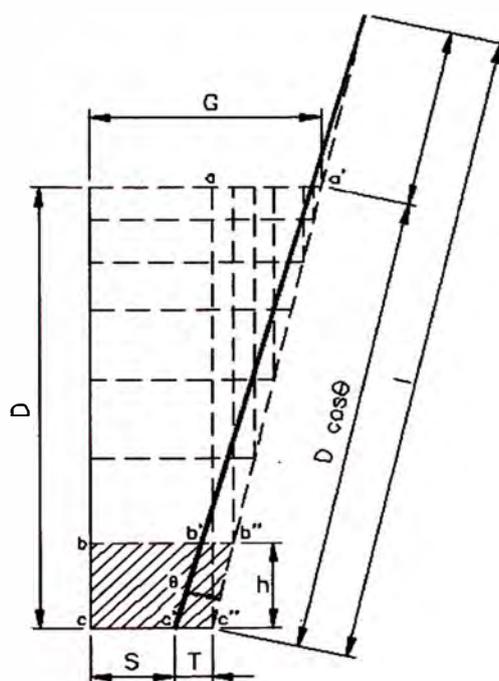


Figura 2.4.- Esquema

2.10 Velocidad de ataque

El material al descender por la cámara de trituración presenta fricciones internas y fricciones contra las mandíbulas que actúan sobre la velocidad de deslizamiento del material, debido a que la velocidad es inversamente proporcional a las fricciones que frenan el descenso de los materiales, y sobre el ángulo de admisión que condiciona el ángulo máximo admisible entre las mandíbulas. En el primer caso las fricciones son perjudiciales y en el segundo los fenómenos de fricción son inútiles ya que son fricciones nulas.

Hay que tener en cuenta que, una vez introducido el material en la boca, la velocidad de caída por la cámara de trituración es lo suficientemente reducida como para que los fragmentos en el espacio bb', bajando en caída libre, tengan tiempo para recorrer la distancia vertical h antes de que la mandíbula móvil vuelva hacia adelante y la abertura de salida se cierre. Se puede decir que la producción máxima se alcanza cuando

$$h = T \cdot \cos \theta$$

donde:

T : carrera de la mandíbula móvil.

θ : valor del ángulo entre mandíbulas.

Hasta la velocidad crítica de la producción aumenta proporcionalmente al número de vueltas. A partir de esa velocidad la producción disminuye debido a que la materia triturada no tendrá tiempo de ser evacuada tan rápidamente como es producida.

Se pueden calcular las velocidades críticas teóricas correspondientes a los distintos valores de carrera T para cada valor determinado del ángulo θ . Sin embargo, en la realidad se ha observado que la producción máxima de una trituradora no corresponde exactamente a la obtenida en la velocidad crítica, sino que esta producción sigue aumentando durante cierto tiempo, aunque cada vez más lentamente, en una zona situada inmediatamente debajo de la velocidad crítica. Pese a ello, las velocidades recomendadas por los fabricantes de trituradoras se alejan más o menos de las velocidades críticas que, sin embargo, parecen ser las susceptibles de proporcionar las máximas producciones, sobre todo en las máquinas de gran tamaño. A medida que las máquinas aumentan de tamaño sus velocidades se alejan más de las velocidades críticas.

2.11. Calculo de las trituradoras de simple efecto

Los cálculos de producción teórica en este tipo de trituradora se complican por el hecho de que el movimiento de la mandíbula, en el punto de salida, no es un movimiento de vaivén sensiblemente normal al plano de la mandíbula fija. Se trata de una trayectoria elíptica, muy aplastada, cuyo eje mayor forma un ángulo agudo con el plano de la mandíbula fija. El aplanamiento de la elipse, y la inclinación de su eje mayor, pueden variar según la cinemática de la máquina perturbando más o menos, en un sentido u otro, la velocidad de deslizamiento de los productos.

A. Joisel demuestra que con volumen de boca constante, con el mismo reglaje, igual velocidad y la misma carrera en el punto de salida, una

tritadora de simple efecto debería poder producir un 27% más que la tritadora de doble efecto correspondiente.

Si se admite que el trabajo global de la tritadora puede considerarse proporcional al desplazamiento de la mandíbula móvil, se aprecia que en el caso de una tritadora de doble efecto, y para un valor de $1/L = 1:3$, el desplazamiento medio será igual a 0,666 de la carrera T a la salida.

En el caso de una de simple efecto, a cualquier relación l/i , se tiene un valor de desplazamiento medio que sería del orden de 0,85 de T de salida.

Por consiguiente, pueden deducirse que para una tritadora de simple efecto la capacidad de trabajo es superior aproximadamente en un 26% respecto a la de doble efecto y vendría a reemplazar el coeficiente medio $K = 0,75$ de la formula de Hersam por un valor de $K = 0,95$.

2.11. Alimentación y evacuación

El aspecto más importante en un proceso de triturado es la regularidad en la alimentación. Esto se consigue gracias a la utilización de un alimentador mecánico que puede ser de carro de vaivén, de bandeja vibrante o de tablero metálico, que en muchos casos están equipados con regulador de velocidad y que permiten una velocidad de alimentación variable.

Este tipo de aparatos evita una serie de peligros como son los problemas de atascamiento en la boca de la tritadora por avalancha incontrolada de

materiales, los problemas de formación de bóvedas y los problemas de bloqueo por mala colocación de algún material demasiado grueso.

Estudios realizados demuestran que en algunos casos, donde la alimentación es muy fina y regular, se podría pensar en una autoalimentación. Esta autoalimentación directa sería admisible siempre y cuando el volumen total de la carga vertida de una vez no excediera tres veces el volumen interno de la cámara de trabajo, y que dicha carga no contuviese bloques que sobrepasaran en tamaño 0,8 la abertura nominal de la trituradora. El deslizamiento de los materiales se efectuaría regularmente a medida que se van triturando. La trituradora funcionaría siempre a su capacidad máxima y el rendimiento sería prácticamente continuo, con la condición de que el aporte de todo-uno se realizara tan pronto como el precedente fuera evacuado una vez triturado.

En dicho supuesto, una vez triturado el todo-uno, sería indispensable preparar los mecanismos de evacuación de los productos triturados de manera que no produjeran ninguna obstrucción en el caso de que la pendiente de las canaletas no fuera lo suficiente o en el caso en el que se produjera una parada del transportador de evacuación.

Una vez llevados a la práctica estos estudios queda demostrado que esto es posible, en casos muy concretos con condiciones muy especiales, siendo, por lo tanto, hoy en día, bastante infrecuente utilizar una trituradora de mandíbulas sin un alimentador mecánico que la alimente.

Bueno, continuando con lo que es la trituradora giratoria cónica, y para realizar un estudio teórico serio primero se han de contar con una serie de normas europeas según la CECE IV sobre las dimensiones características de los trituradores giratorios y trituradores de cono:

- **Trituradores giratorios primarios:** El tamaño de este equipo se caracteriza por el tamaño nominal máximo de la abertura, medido perpendicularmente a un cono bisector formado por la mandíbula cónica móvil y la parte fija cóncava cuya medida se forma a partir del labio superior del anillo.
- **Trituradores giratorios secundarios y granuladores giratorios y de cono:** El tamaño de estos equipos se caracteriza por el diámetro nominal máximo en mm de la nuez. En el caso de una superficie dentada tomara a media altura del diente.
- **Abertura de salida:** Es la distancia nominal medida desde la cima de los dientes del cóncavo hasta la base del diente opuesto de la mandíbula cónica, tomada sobre el radio según el cual los dos elementos están próximos.

Una vez realizadas estas aclaraciones, las consideraciones relativas al perfil de la cámara de trabajo, a los diversos elementos que condicionan la capacidad de producción, a velocidades críticas, a los métodos de cálculo de las prestaciones, etc. son válidas.

Si en un determinado plano horizontal R_2 es el radio de la nuez cónica móvil, R_1 el radio del anillo cóncavo, Σ el radio de excentricidad y ω la velocidad

angular, se ha demostrado que la separación de los elementos de molienda en un punto determinado viene expresado por la fórmula:

$$E = R_1 - R_2 + \Sigma \cos \omega t$$

El movimiento de compresión es por lo tanto sinusoidal, como el de una trituradora de mandíbulas de doble efecto.

En los giratorios primarios la cámara oblicua ensanchada hacia arriba, al igual que en los molinos de cámara cilíndrica, el proceso de descenso de los materiales es el mismo que en las trituradoras de mandíbulas; por lo tanto, en el caso de generatrices rectilíneas el espacio libre debido a cada rotación va aumentando hasta media altura de la cámara de trituración para después descender hasta la salida. Esto indica que la capacidad de evacuación a la salida condiciona las posibilidades de producción de la máquina.

Cuando las cámaras presentan un volumen constante el perfil del cono. O de los cóncavos, o la combinación de los dos, permite que se aumente en un 30% aproximadamente las posibilidades de producción máxima. El uso de este tipo de cámaras de volumen constante ha sido utilizada con más frecuencia en la construcción de trituradores giratorios que en las chancadoras de mandíbulas.

Al igual que para una trituradora de doble efecto, la velocidad de un triturador giratorio puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{K \frac{450g \operatorname{tg} \theta}{T}}$$

donde:

T : carrera máxima.

K : coeficiente general fijado en 0,75

El ángulo θ puede variar de 22° a 24° para trituradoras secundarias y de 26° a 28° para las primarias.

La producción máxima posible se calcula, al igual que en las chancadoras de mandíbulas, sustituyendo el ancho de las mandíbulas (W) por la longitud desarrollada del anillo de salida, o sea $2\pi R_m$, si R_m es el radio medio de dicho orificio.

Para que la sección de deslizamiento sea constante es necesario (ver fig.) que se cumpla la siguiente ecuación:

$$y \cdot 2^x (x \operatorname{sen} \alpha + y/2 \operatorname{cos} \alpha) = \text{Cte}$$

de donde:

$$y^2 + 2yx \operatorname{tg} \alpha - h = 0$$

que es la ecuación de la hipérbola de ejes $y = 0$ e $y = 2x \operatorname{tg} \alpha$

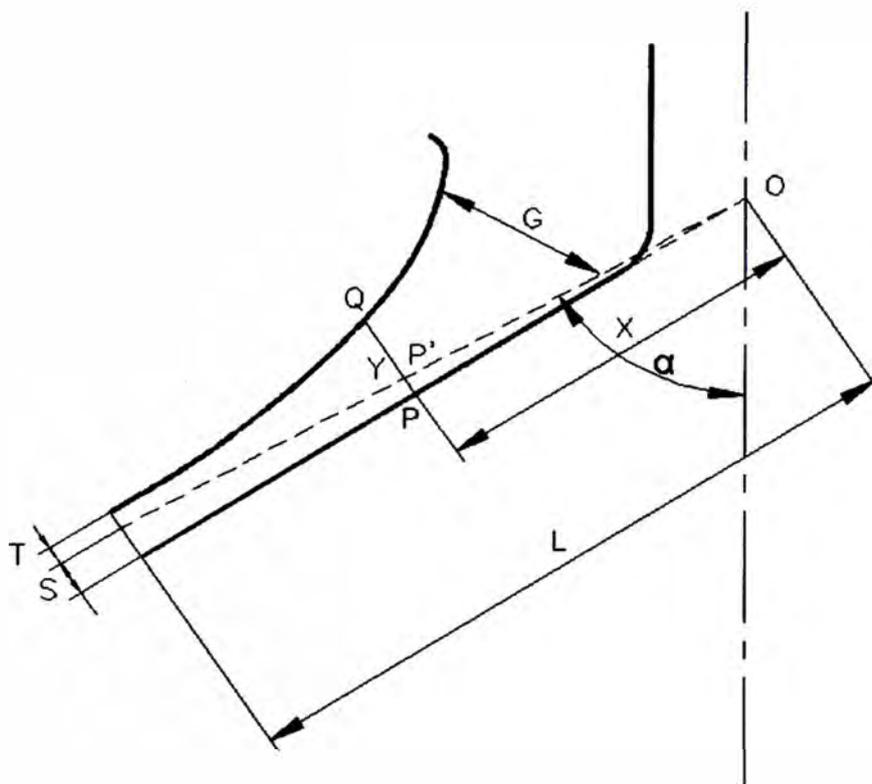


Figura 2.5.- Esquema.

Está determinada en función del reglaje T y representa el perfil ideal de la cara de trabajo del anillo cóncavo fijo.

La sección constante no implica una velocidad de deslizamiento constante y, por lo tanto, como en las trituradoras de doble efecto o en el chancador giratorio clásico, se tiene una primera sección durante la cual la velocidad de deslizamiento es decreciente hasta un mínimo y después aumenta a medida que se acerca a la salida.

Mientras que en los trituradores giratorios primarios, al igual que en las de mandíbulas, el material se desplaza en caída libre entre dos fases de compresión sucesivas, y que únicamente se presentan la fase de

compresión y la fase de bajada del producto por ciclo, en los trituradores de cono existen cuatro fases por ciclo debido al hecho de la inclinación general de la cámara de trabajo y del gran desplazamiento relativo del cono.

Estas fases son las siguientes:

1. Al final de la compresión la pared del cono se separa hacia abajo con una aceleración superior a g , y por lo tanto, los materiales comprimidos contra el anillo cóncavo pueden bajar en caída libre.
2. El cono, cuyo movimiento de cada una de las generatrices es sinusoidal, reduce en velocidad y es alcanzado por los materiales, los cuales en esta segunda fase se deslizan a lo largo de la pared cónica.
3. El cono toma de nuevo un movimiento acelerado hacia arriba y proyecta los materiales hacia el cóncavo.
4. La cuarta fase es la de compresión.

Las fases 3 y 4 del ciclo generan una cierta expansión de los materiales pero no su progresión.

En función de los 4 puntos aquí determinados se puede decir que el avance medio del producto en el curso de un ciclo completo será función, por una parte, del tiempo concedido por la caída libre y de la longitud de la trayectoria normal a la sección de paso resultante y, por otra, de la duración del periodo de deslizamiento, del ángulo de inclinación del cono y del coeficiente de deslizamiento de los materiales sobre el cono, que deben permitir calcular la amplitud del movimiento de deslizamiento.

CAPITULO 3

DESCRIPCION Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO

3.1. Descripción del proceso de chancado de la planta concentradora

La Empresa Minera considerada para nuestro proyecto está ubicada en la Sierra Central de nuestro país, a una altitud de 4,500.00 m.s.n.m. y es productora de concentrados polimetálicos, o sea, se extrae de los diferentes yacimientos subterráneos minerales de cobre, zinc, plomo y plata las cuales son procesadas en la planta concentradora propia de la mina. La producción diaria de la planta minera es de 2,200 TM y los concentrados obtenidos se comercializan en el mercado interno y externo.

La planta concentradora como se ha mencionado anteriormente es del tipo de flotación, y cuenta con las siguientes etapas de operación:

- Chancado primario
- Chancado secundario
- Molienda
- Flotación
- Espesamiento y filtrado
- Relaves
- Planta de reactivos y cal

Para facilitar la comprensión del proceso que se describirá a continuación, se incluye, en el Anexo N° 1, los diagramas de flujo de los todos los procesos unitarios que se desarrollan en la planta en general y en el Grafico de la pág. 37 se muestra el Flowsheet o Diagrama de Flujo de toda la etapa de chancado de nuestra planta concentradora con mayor detalle.

El mineral es transportado desde los echaderos y piques hacia tolvas temporales de almacenamiento y stock piles ubicados cerca de planta concentradora, o cargado directamente en interior mina por camiones de 12 tn de capacidad hacia la tolva principal de gruesos de 600 TM de capacidad en la planta concentradora, en un recorrido que varía entre 1.0 y 2.5 km. El mineral cargado en los volquetes es descargado en esta tolva, la cual tiene una parrilla en la parte superior la cual clasifica el tamaño de las rocas hasta 8". Los de mayor tamaño es separado en un área aparte donde es reducido de tamaño manualmente mediante el uso de combas pesadas, o mecánicamente con el uso de martillos neumáticos o rompe bancos, para luego ser retornado a la tolva de gruesos. El mineral es descargado y transportado luego para pasar por un clasificador grizzly, que clasifica el mineral y separando los finos igual o menor a 3" y de allí, los gruesos resultantes van a la chancadora primaria de quijadas 24" x 36" a razón de 300 TMPH utilizado una serie de fajas transportadoras teniendo la entrega de la etapa primaria una granulometría de aproximadamente 85% - 3 1/2" en promedio. Los finos de 3" y menos de diámetro separados en esta etapa son descargado directamente a la siguiente faja transportadora N° 3.

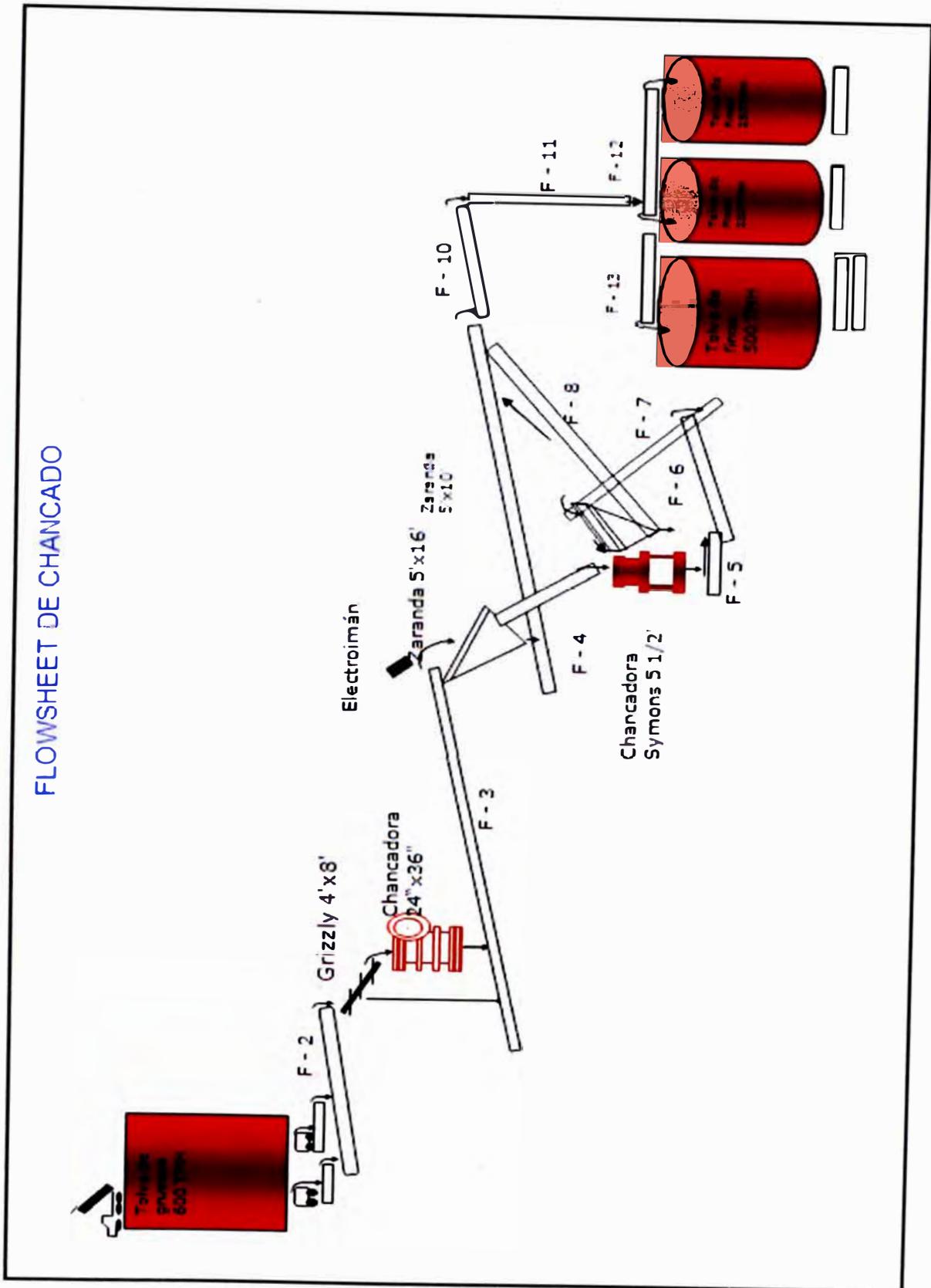
El mineral triturado entonces es también descargado y trasladado mediante esta faja transportadora N° 3 a la zaranda 5' x 16' de única malla con cocada de 1 ¾" x ¾", que vuelve a clasificar el material del siguiente modos: mayores de 3 1/2", que se retira manualmente para procesarlo de nuevo en chancado primario; los finos menores de ¾" pasan directamente a las tolvas de finos mediante las fajas transportadoras N° 9 10, 11 y 12; y por último el mineral intermedio clasificado que varía entre 3" a 13 mm pasa a nuestra chancadora secundaria SYMONS-NORDBERG de 5 ½ Pies , utilizando el transportador de faja N° 4. De esta chancadora el mineral es procesado en un circuito cerrado que garantizan la entrega del producto de 80% - 12 mm, material que finalmente es transferido al transportador de faja N° 9 que transporta y lo almacena en las tolvas de finos, para continuar el proceso de conminución en la etapa de molienda.

En el circuito cerrado que se ha mencionado, se tiene otra zaranda de 4' x 8' y malla única con 1" x 1" de cocada que descarga sus gruesos a la chancadora secundaria SYMONS-NORDBERG de 5 ½ Pies.

Como podemos apreciar, la planta concentradora cuenta con solo una línea de procesamiento en el área de chancado, por lo que cualquier desperfecto en algún equipo o maquinaria implica la parada forzada de la producción, por un tiempo máximo que está determinado por la capacidad de almacenaje en los silos de finos. Si el mantenimiento o reparación del equipo va mas allá del periodo mencionado, entonces comenzaremos a tener perdidas en la producción global de la planta minera por la no producción y ventas de concentrados.

Son importantes los programas de mantenimiento en esta área y mantener los equipos en correcta operatividad, ya que tampoco se cuentan con equipos stand-by de recambio para las contingencias que se pudiesen presentar.

FLWSHEET DE CHANCADO



Fuente: Área de Metalurgia de la Minera

3.2.1. Características de la Chancadora Cónica Symons

- 1. El alto rendimiento:** A través de la optimización del diseño de la cavidad y la adopción de una combinación de la velocidad razonable y el golpe, lo que funciona más en el mismo diámetro del cono dinámico. Así, en comparación con el mismo tipo de trituradoras de cono, cuenta con un mayor rendimiento y productividad.
- 2. Varios tipos de cámara de trituración.** Los diversos clientes pueden elegir la cámara de trituración de acuerdo a las características de sus procesos, que permiten la buena granulación.
- 3. Buena estabilidad:** Cuando el hierro y otros materiales no triturados entra en la máquina, con el dispositivo de protección de hierro se liberará automáticamente y luego restablece automáticamente. El dispositivo de protección de hierro cuenta con el punto fijo de vuelvo en la salida, pasando el hierro diversos a la cavidad de trituración, se puede recuperar rápidamente la descarga original.
- 4. Fácil limpieza de la cámara de trabajo:** Si la trituradora de cono resorte se para en el estado de carga, los sistemas hidráulicos puede limpiar la cámara rápidamente, reduciendo considerablemente el tiempo de inactividad.
- 5. Alta fiabilidad:** El uso el eje principal de gran diámetro, el marco de anfitrión pesada y el control automático del sistema de lubricación independiente de aceite ligero, asegurando la durabilidad del equipo y la fiabilidad de la operación.

6. **Fácil del mantenimiento y la operación:** todas las piezas son desmontables de la parte superior o lateral, que el conjunto del cono fijo y el cono dinámico pueden dividirse fácilmente. El cojinete de bronce de deslizamiento puede mantener la excelente capacidad de carga en el ambiente de alto choque y vibración, más económico y el mantenimiento más conveniente que el rodamiento.
7. **Bajos costos de producción:** Debido a su gran capacidad, alta fiabilidad, facilidad de mantenimiento, reduce significativamente los costos de producción.
8. **Ampliamente utilizado:** las características de la trituradora de cono resorte serie CS son del alto rendimiento para diversas fabricaciones, desde el roto grueso hasta el fino, de la trituración fija a la planta móvil.
9. **Lubricación separada:** El sistema de lubricación independiente del aceite ligero del control multi-punto puede garantiza la doble protección de los cojinetes lubricados de la máquina, y realiza el auto-protección de la máquina.

Chancadora Cónica Symons-Norberg de 5 ½ pies

Descripción Chancadora: Chancadora cónica 5-1/2' SHORT HEAD HEAVY DUTI

Serie: 5986-FR

Año Fabricación: 1986

Capacidad 1600 tmpd Muy excepcional por falta de mineral para tratamiento. Normal 2200 TMPD

Tamaño entrada 3"

Tamaño salida 13 mm Promedio Abertura de setting descarga

Capacidad nominal de tratamiento para abertura de 13 mm de setting perfil coarse en CIRCUITO CERRADO: 175 TMH
MOTOR

HP 250

rpm 760

Bowl Linner(Forro envolvente): Actual corregido mediante simulación Tipo COARSE.

Mantle(Forro de Trompo): Actual corregido mediante simulación tipo COARSE.

Bowl Linner antiguo: Fine

Mantle antiguo: Fine

Velocidad Rotación de Contraeje-piñón: 485 rpm.

Transmisión: Por faja, tipo de faja E-270 cantidad 10 pzas.

Horas diarias de operación: 20 promedio.

3.3. Parámetros Técnicos según Catálogos

Standard

Model	Dia. mm (inch)	Cavity	Feed Opening		Outlet Setting (mm)	Shaft Speed (r/min)	Power (kw)	Capacity (t/h)	Weight (t)	Dimension (mm)
			Closing Side (mm)	Open Side (mm)						
CSB75	900 (3)	Fine	83	102	9-22	580	75	45-91	15	2821×1880×2164
		Coarse	159	175	13-38			59-163		
CSB110	1200 (4)	Fine	127	131	9-31	485	110	63-188	20	2821×1974×2651
		Medium	156	156	13-38			100-200		
		Coarse	178	191	19-51			141-308		
CSB160	1295 (4 1/4)	Fine	109	137	13-31	485	160	109-181	27	2800×2342×2668
		Medium	188	210	16-38			132-253		
		Coarse	216	241	19-51			172-349		
CSB220	1650 (5 1/2)	Fine	188	209	16-38	485	220	181-327	55	3911×2870×3771
		Medium	213	241	22-51			258-417		
		Coarse	241	268	25-64			299-635		
CSB315	2134 (7)	Fine	253	278	19-38	435	315	381-726	110	4613×3251×4732
		Medium	303	334	25-51			608-998		
		Coarse	334	369	31-64			789-1270		

Short Head

Model	Dia. mm (inch)	Cavity	Feed Opening		Outlet Setting (mm)	Shaft Speed (r/min)	Power (kw)	Capacity (t/hour)	Weight (t)	Dimension (mm)
			Closing Side (mm)	Open Side (mm)						
CSD75	914 (3)	Fine	13	41	3-13	580	75	27-90	15	2821×1880×2410
		Coarse	33	60	3-16			27-100		
CSD110	1218 (4)	Fine	29	57	5-16	485	110	50-132	20	2560×1942×2928
		Medium	44	73	10-16			90-145		
		Coarse	56	89	13-19			141-181		
CSD160	1295 (4 1/4)	Fine	29	64	3-16	485	160	36-163	27	2800×2342×2668
		Medium	54	89	6-16			82-163		
		Coarse	70	105	10-25			109-227		
CSD220	1676 (5 1/2)	Fine	35	70	5-13	485	220	90-209	55	3917×2870×3771
		Medium	54	89	6-19			136-281		
		Coarse	98	133	10-25			190-336		
CSD315	2134 (7)	Fine	51	105	5-16	435	315	190-408	110	4130×3251×4454
		Medium	95	133	10-19			354-508		
		Coarse	127	178	13-25			454-599		

Type	Cavity (coarse/fine)	Min. discharge size (mm)	Feed size (mm)	Capacity (t/h)	Power (kW)	Weight (t)	movable cone diameter (mm)
HPC-160	C	13	150	120-240	160	13	950
	F	6	76	55-180			
HPC-220	C	13	225	150-430	220	18	1160
	F	6	86	90-260			
HPC-315	C	13	290	190-610	315	26	1400
	F	6	100	108-320			
HPC-400	C	13	320	230-700	400	33	1500

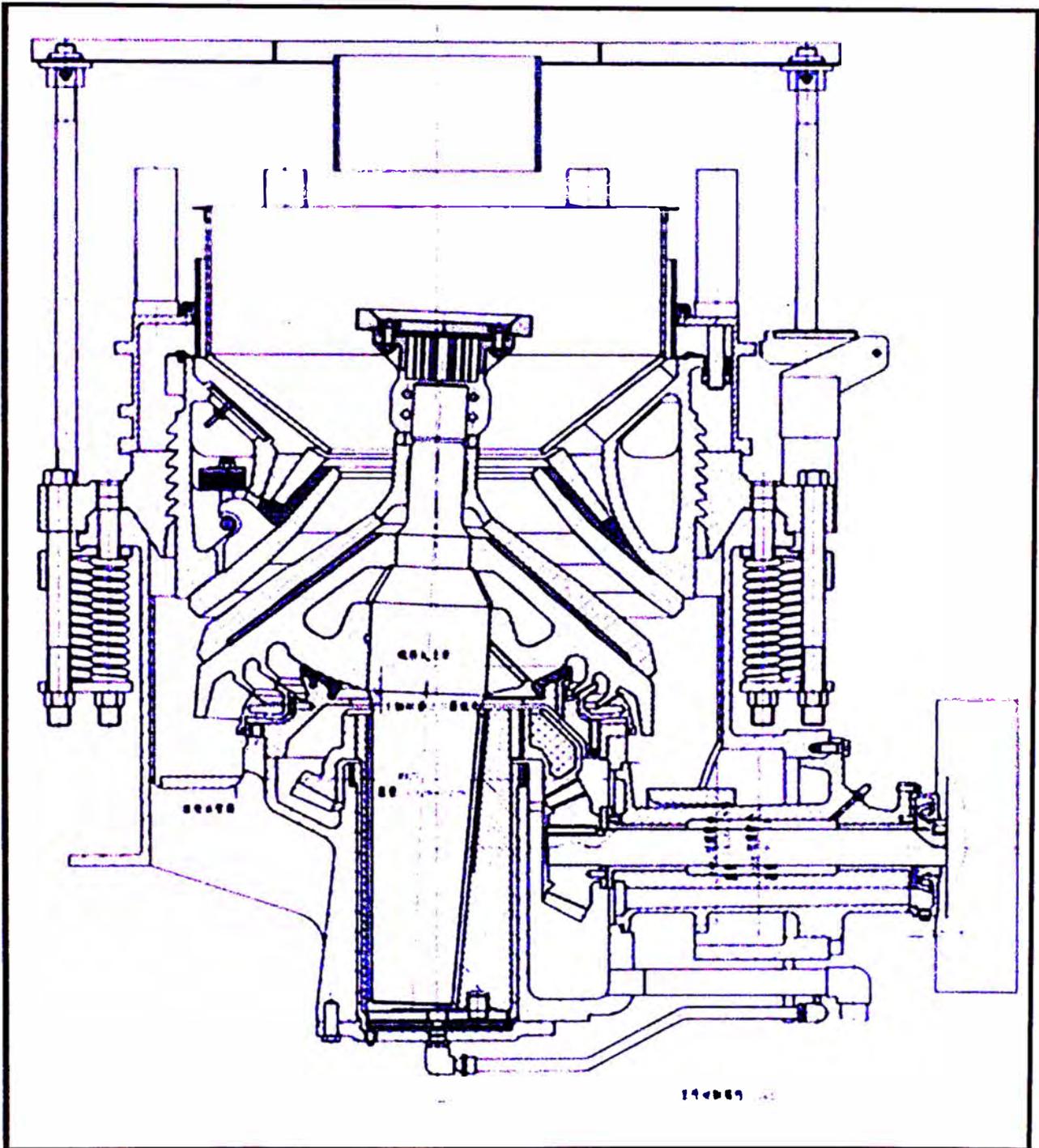


Fig. 3.2. Vista de Corte de la Chancadora Cónica Symons

3.4. Curva de Granulometría y Producción

La chancadora cónica Symons-Norberg de 5 ½ pies, tiene la siguiente Curva de Distribución Granulométrica que se muestra a continuación:

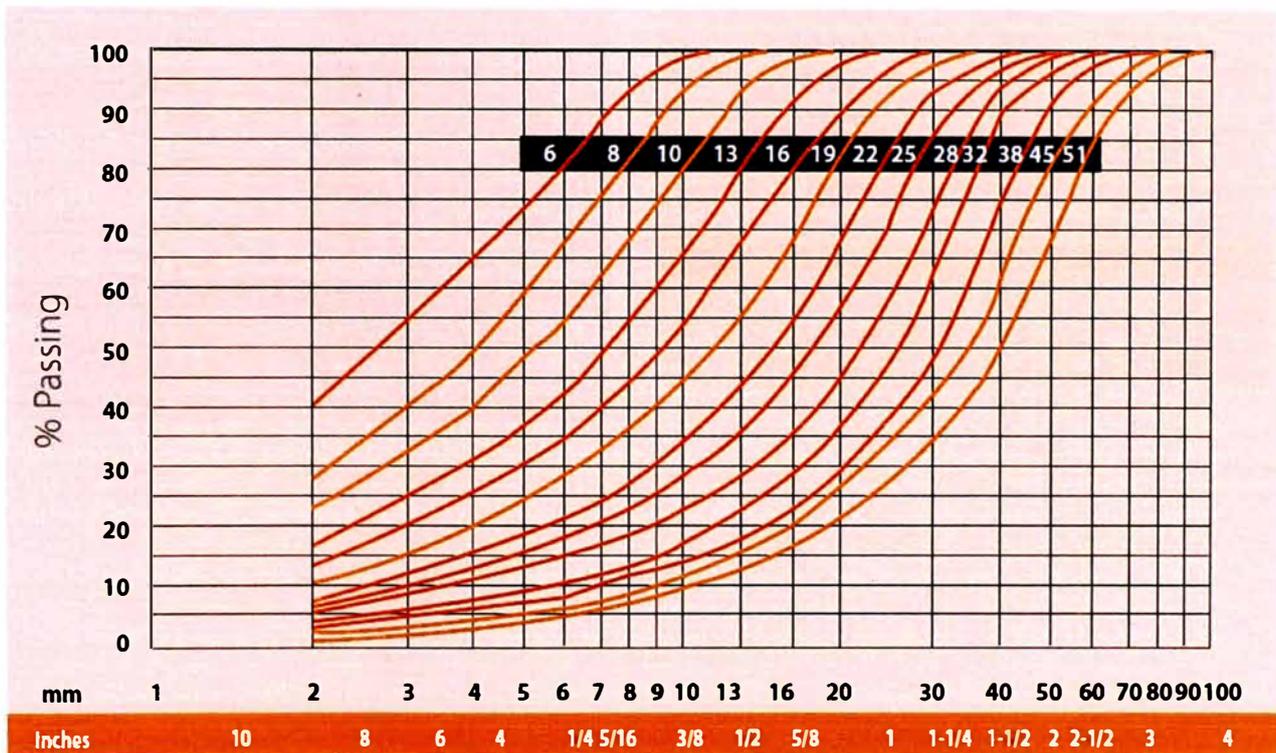


Fig. 3.3. Esquema

Además mostramos a continuación la tabulación de los valores de tamaños pasantes y pasantes acumulados para los settings (CSS) que se muestran, esto conforme a la curva de granulometría, para visualizar los diversos tamaños que se consiguen dentro del equipo.

Como se menciona, los settings tabulados corresponden primeramente al cierre nominal (13mm) con que debe trabajar nuestro equipo, y el de 10 mm, que es la posición que eventualmente se le está dando al triturador para

poder buscar de algún modo solucionar el problema de operatividad que tiene.

CSS = 13mm		
tamaño	% pasante	% pas-acum
2 mm	16,5	16,5
3 mm	8,5	25
4 mm	6	31
5 mm	6	37
6 mm	5,5	42,5
7 mm	6,5	49
8 mm	5,5	54,5
9 mm	5,5	60
10 mm	6	66
CSS	13 mm	80
	16 mm	92
	20 mm	97
	24 mm	100

CSS = 10mm		
tamaño	% pasante	% pas-acum
2 mm	23,5	23,5
3 mm	9	32,5
4 mm	7,5	40
5 mm	8,5	48,5
6 mm	6	54,5
7 mm	7,5	62
8 mm	6	68
9 mm	6,5	74,5
CSS	10 mm	80
	13 mm	93
	16 mm	98,5
	19 mm	100

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Descripción de los problemas actuales en el equipo

Para el desarrollo de este capítulo, en primera instancia hablaremos de los problemas que se están presentando en la chancadora secundaria en cuanto a la producción se refiere, acaecido en los últimos años, los cuales analizaremos con detalle para determinar los motivos y causas, parámetros y dimensionamientos actuales del equipo y, a partir de esto, encontrar el camino de solución más conveniente que es la modificación que se viene planteando.

Habiendo hecho una amplia descripción anteriormente, nos concentraremos en el Chancador cónico Symons – Norberg de serie CS, el cual realiza tareas de chancado secundario.

Además, se ha mencionado también que la línea de chancado de esta planta concentradora solo cuenta con un solo equipo en cada etapa de esta, una falla y la detención que provoca esta no puede ser cubierta por la chancadora primaria, dado que tiene otras características de funcionamiento y en sí, tiene otra función dentro del sistema mencionado.



Figura 4.1: Equipo Chancador en funcionamiento

Como a modo de información muy importante, el diagrama que se muestra en la figura 4.1. presenta la división de los principales sistemas funcionales del equipo chancador y los factores externos con que interactúa. Cabe señalar que la flecha que se ve interrumpida por el rayo como se indica allí, implica una falla del equipo.

Un Diagrama Funcional de Bloques sirve para representar las funciones principales que realiza un sistema, y su interacción con el medio en que se encuentra, por lo general estos diagramas son muy utilizados para gestión de mantenimiento y se aplican en instalaciones donde los procesos o las relaciones entre ellos no son intuitivamente obvias. Por lo general dichas

instalaciones tienden a ser grandes y de acceso complejo como es en este caso.

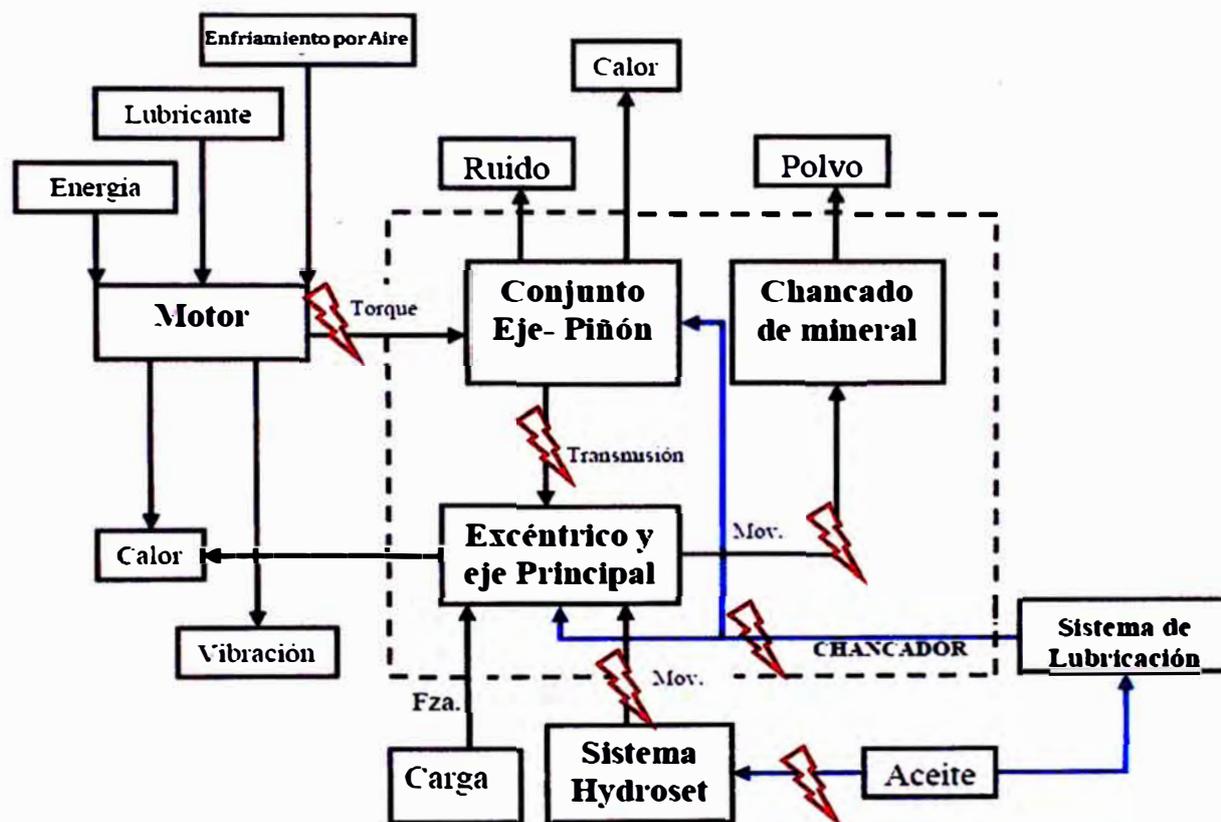


Figura 4.2: Diagrama Funcional de Bloques

A continuación, las fallas que se vienen presentando actualmente en la chancadora y que son motivos de nuestro estudio son las siguientes:

- **Se tiene excesivo apelmazamiento de material en las paredes de la cámara.** Esto da lugar a lo siguiente:

Por un lado, el mineral a triturar no fluye adecuadamente y parte de ella se queda adherida en las paredes de ambos liners, reduciéndose constantemente la sección de paso por este efecto. Es así que en cada parada de planta que se programa mensualmente se proceda a la limpieza

de la cámara de triturado, haciéndose el rascado y desprendimiento del material pegado en toda la superficie de esta.

Por otro lado, el material pegado en las paredes de la cámara y el que fluye en un instante dado, colisionan sin fracturarse y ocasiona que el sistema de transmisión trabaje en exceso y algunos componentes de este sean exigidos más allá de su carga nominal.

- **Alimentación inadecuada.** Aquí tenemos que mencionar una serie de inconvenientes que se vienen presentando.

Granulometría no adecuada para tratamiento

Según lo reportado por el personal de planta que se encarga de la operación de este equipo, el mineral que ingresa a la chancadora no tiene la granulometría adecuada para su tratamiento. Hay mucha presencia de material lo bastante fino, cercano a 1/2" (13mm) de diámetro y menores. Según recomiendan estas personas que ya tienen años de experiencia en esta actividad, la granulometría del material en la faja transportadora que alimenta al chancador debe ser de 25% de finos y 75% de gruesos. Hablando en general de los finos y en nuestro caso, estos deben corresponder a los tamaños que van de 19mm a 13mm, este último valor que es el setting nominal mínimo para la chancadora. Además, fabricantes de equipos similares en la actualidad sugieren que la alimentación muy fina del chancador (menor que el setting del chancador) no debe exceder el 10% de la capacidad del equipo. De alguna manera en la clasificación de

material previa (equipo de zarandeo) se está permitiendo el pase de este material muy reducido de tamaño.

Según apreciación de varios técnicos e ingenieros, y del análisis granulométrico efectuado recientemente por el laboratorio metalurgico, el porcentaje de finos de 13mm a menos es de aproximadamente 18 a 22 % en la faja transportadora. Definitivamente esto es considerable y es la razón de la baja eficiencia del proceso y del constante apelmazamiento del material. Este análisis de granulometría del material que alimenta a la chancadora secundaria se presenta en las Tablas N° 4.5.

Reducción de material ingresante a la chancadora

La capacidad nominal de tratamiento de mineral en nuestra chancadora secundaria es de 2200 tmpd como ha sido mencionado en las especificaciones del equipo. Pero se viene presentando en la actualidad y desde hace ya algún tiempo atrás (aproximadamente año y medio) la reducción en el volumen de mineral que se extrae de las minas, procesándose material según se ha registrado de 1600 tmpd. Incluso se aprecia instantes que la faja transportadora que alimenta al triturador contiene muy poco material, demostrando que la alimentación tampoco es constante y homogénea.

- **Excesivo retorno de material sin triturar.** Debido a que el material se apelmaza y la consiguiente pérdida de la capacidad de fracturamiento de la roca que acabamos de mencionar, una parte del mineral se descarga sin el tamaño buscado y es retornado de nuevo al chancado secundario. Esto

ocurre en los últimos meses, pese a estar cerrado el setting en 10 mm (regulación que esta incluso por debajo de lo nominal la cual es de 13 mm). Además se viene registrando un consumo de 35 Amp., debiendo ser de 40 Amp. en condiciones de trabajo normal.

Por otro lado, la cavidad opuesta al lado del setting presenta mucha sección de paso por lo que materiales de mediano tamaño pueden pasar sin triturarse.

Este detalle hace que la capacidad de triturado de la chancadora secundaria este por debajo incluso de los 1600 tmpd que acabamos de describir. Podemos mencionar que se debe tener una pérdida de capacidad de procesamiento de 25% a 40% por los motivos que acabamos de exponer.

- **Recalentamiento del sistema de lubricación.** Por el motivo de que el sistema de transmisión este trabajando un tanto exigido por lo expuesto líneas arriba, la temperatura de ciertos componente tiende a subir por lo que el aceite lubricante también sube de temperatura. Se ha sugerido colocar un sistema de enfriamiento al tanque colector del aceite para regular su temperatura de trabajo.
- **Excesivo levantamiento del anillo de ajuste.** Se viene presentando esto eventualmente y se comenta que es debido al atascamiento temporal de material dentro de la chancadora. Sin duda es también motivado al apelmazamiento del material, que no permite el libre flujo.

- Fuga constante de aceite de lubricación, localizadas en zonas donde por el tiempo que viene el equipo funcionando hay mucho desgaste, y por ahora la empresa no desea hacer la reparación o las sustituciones de piezas correspondiente, por considerar que habría un tiempo prolongado de parada de operaciones.

4.2. Causas que originan los problemas mencionados

Descritos los problemas que están presentes en la maquina, daremos una relación de las posible causas que puede dar origen a lo mencionado.

Contenido de Humedad.- Cuando la humedad es inferior de 3 o 4% en peso no surgen dificultades, cuando excede de 4% se vuelve pastoso, adherente, tendiendo a atascar el flujo de material y la chancadora.

El mineral que procede de la mina contiene cierta cantidad de finos. Además el mineral antes de entrar a la tolva de gruesos está almacenado en la intemperie en donde las constantes lluvias lo humedecen.

Granos más pequeños que los que se forman en las chancadoras.-

Si esta carga fina entrara en las chancadoras, le daríamos un trabajo innecesario, además podrían originar apelmazamientos en las chaquetas y tendríamos menos espacio disponible para chancar los trozos grandes que son los que realmente necesitan ser chancados.

El tipo de alimentación.- La alimentación obstruida se refiere a que las chancadoras están equipadas generalmente de una tolva alimentadora que se mantiene llena a rebosar o atascado de modo que el producto no se descargue libremente, esto hace aumentar la proporción de finos y disminuye la capacidad de producción, si no existiría el tamizado o clasificación, la alimentación obstruida resulta más económico pues elimina una o más etapas reductoras debido a la gran cantidad de finos producidos.

Consumo de Energía.- Se calcula con la fórmula 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.- El mineral no debe tener piezas metálicas y otros, llámese: rieles, barrenos, combas, madera, etc. que siempre acompañan al mineral y deben ser sacados o separados del mineral, puesto que si pasan estos objetos malograrían la chancadora.

4.3. Características de la cámara de triturado del equipo

La cámara de triturado, también conocida como la cavidad de la trituradora, está formada por dos elementos, el manto o MANTLE y el cóncavo o BOWL.

El conjunto del forro o liners consiste en del manto (lado móvil) o MANTLE LINER, y el forro del cóncavo o BOWL LINER, en el lado fijo.

La combinación entre el forro del manto y del cóncavo define la cavidad de trituración.

El manto o mantle puede consistir en una, dos o tres piezas, dependiendo del tamaño y diseño de la trituradora. En nuestro caso el mantle consiste de dos piezas, como se muestra en la fotografía siguiente:



Fig. 4.4: Desmontaje del manto

Los perfiles del cóncavo son proyectados teniendo en cuenta la mejor combinación del ángulo de trituración, consumo de potencia, fuerza de trituración y requisitos de capacidad.

En la misma foto se muestra el instante en que es desmontado los forros del manto para proceder a su reemplazo por otros nuevos. Se puede apreciar el desgaste en los mismos. El mayor desgaste que se han presentado estas piezas es en la parte media inferior, indicando que el trabajo de trituración se ha efectuado mayormente en estas zonas y se esta desaprovechando la parte superior.

Actualmente estos elementos intercambiables que conforman las partes de triturado de la cámara, como son el mantle liner y el bowl liner son suministrados por la conocida Empresa METSO PERÚ que vende equipos y repuestos, y a la vez brinda servicios a la minería en nuestro país.

En las fotografías que se muestran a continuación podemos ver estos elementos que se suministran a la Unidad cada dos meses para la sustitución de los liners correspondientes, que ya están desgastados. Además, las dimensiones y geometría de los mismos están en los planos que se anexan a este informe.



Figura 4.5: Mantle Liner



Figura 4.6: Bowl Liner

4.4. Planteamiento del nuevo perfil de la cámara de triturado

La selección del tipo de forros para las trituradoras de cono es fundamental para asegurar un rendimiento deseado durante su vida útil. Los forros deben ser seleccionados en conformidad con el tamaño del material de alimentación y el producto requerido, de manera que la extensión de la superficie del forro pueda ser usada. De lo contrario, al utilizar, por ejemplo, un forro para cavidad gruesa con alimentación fina, la trituración se concentrara en la parte inferior del forro quedando la parte superior desaprovechada, causando desgaste prematuro.

Así, al seleccionarse un determinado conjunto, los parámetros tales como la abertura de alimentación, perfil de la cámara de trituración y el reglaje del lado cerrado (CSS, sus siglas en ingles) quedan establecidos. En el caso de las trituradoras de cono los forros deben ser seleccionados en conformidad con el tamaño del material de alimentación y el producto requerido. Esto es fundamental para asegurar una vida útil más larga de los forros con un desgaste más regular de las piezas, mejor aprovechamiento del peso del material de desgaste, mayor eficiencia de la trituradora y mejor calidad del producto requerido.

Para nuestro rediseño, se hará la simulación del sistema de trituración utilizando un conveniente Programa de Cálculo y Diseño proporcionado por el fabricante de los forros, la cual calculará esfuerzos superficiales y las representará adecuadamente para visualizar que homogéneo es el trabajo de conminución para las condiciones y tamaños de mineral establecidas por lo que se tiene actualmente en planta.

4.4.1 Datos del Mineral y de Operación

A continuación se presentan una serie de Tablas que dan diversos valores de propiedades y características para diversos materiales.

Tabla 4.1: Valores típicos de Densidad y Porosidad.

Densidad global (kg/m³) y porosidad (%) de rocas y materiales de construcción (de Winkler, 1973 y Komar, 1987)

	<i>Densidad global</i>	<i>Porosidad</i>
<i>Acero</i>	<i>7800-7850</i>	
<i>Granito</i>	<i>2600-2800</i>	<i>0.15-1.5</i>
<i>Gabro</i>	<i>3000-3100</i>	<i>0.1-0.2</i>
<i>Riolita</i>	<i>2400-2600</i>	<i>4.0-6.0</i>
<i>Basalto</i>	<i>2800-2900</i>	<i>0.1-1.0</i>
<i>Arenisca</i>	<i>2000-2600</i>	<i>5.0-25.0</i>
<i>Lutita</i>	<i>2000-2400</i>	<i>10.0-30.0</i>
<i>Caliza</i>	<i>2200-2600</i>	<i>5.0-20.0</i>
<i>Dolomia</i>	<i>2500-2600</i>	<i>1.0-5.0</i>
<i>Gneiss</i>	<i>2900-3000</i>	<i>0.5-1.5</i>
<i>Mármol</i>	<i>2600-2700</i>	<i>0.5-2.0</i>
<i>Cuarcita</i>	<i>2650</i>	<i>0.1-0.5</i>
<i>Pizarra</i>	<i>2600-2700</i>	<i>0.1-0.5</i>
<i>Hormigón pesado</i>	<i>1800-2500</i>	
<i>Hormigón ligero</i>	<i>500-1800</i>	
<i>Ladrillo</i>	<i>1600-1800</i>	
<i>Arena</i>	<i>1450-1650</i>	
<i>Plástico poroso</i>	<i>20-100</i>	

Tabla 4.2: Valores típicos de Resistencia a la Compresión.

Resistencia a la compresión de algunas rocas y materiales de construcción (modificado de Winkler, 1973).

	(Mpa)		kg/m ² ·10 ⁵		kg/cm ² ·10 ³	
Granito	97	310	10	32	1.0	3.2
Sienita	186	434	19	44	1.9	4.4
Gabro, diabasa	124	303	13	31	1.3	3.1
Basalto	110	338	11	34	1.1	3.4
Caliza	14	255	1	26	0.1	2.6
Arenisca	34	248	4	25	0.4	2.5
Gneiss	152	248	15	25	1.5	2.5
Cuarcita	207	627	21	64	2.1	6.4
Mármol	69	241	7	25	0.7	2.5
Pizarra	138	207	14	21	1.4	2.1
Hormigón	5.5	69	1	7	0.1	0.7

Tabla 4.3: Valores típicos de Dureza en la Escala de Mohs.

Mineral	Dureza	Composición	Sistema	Observación
Talco	1	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Mon	Tacto graso, séctil
Yeso	2	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Mon	Brillo vítreo o sedoso
Calcita	3	CaCO ₃	Rom	Fosforescente
Fluorita	4	CaF ₂	Iso	Exfoliación octaédrica
Apatito	5	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F, Cl, OH)	Hex	Exfoliación mala
Ortoclasa	6	KAlSi ₃ O ₈	Mon	Feldespatos potásico
Cuarzo	7	SiO ₂	Rom-Hex	El más abundante
Topacio	8	Al ₂ SiO ₄ (F, OH) ₂	Ort	Exfoliación perfecta
Corindón	9	Al ₂ O ₃	Rom	Alterado pasa a mica
Diamante	10		Iso	Brillo adamantino

Adaptado de R. Brauns. Mineralogía, Labor, 1927 y Cornelius & Cornelius. Manual de mineralogía de DANA, Reverté S. A. 1985.

Tabla 4.4: Valores típicos del Índice de Trabajo para distintos materiales.

Material	Índice de Trabajo WI	
	Kwh/ton corta	S.I. (KwH/ton)
Todos los Materiales	15.19	16.7448
Barita	6.86	7.5622
Basalto	22.45	24.7479
Clinker de cemento	14.84	16.3589
Arcilla	7.81	8.6094
Carbón mineral	12.51	13.7905
Mineral de Cobre	14.44	15.9180
Dolomita	12.44	13.7133
Esmerial	64	70.5507
Feldespato	12.84	14.1542
Galena	10.86	11.9716
Vidrio	3.39	3.7370
Mineral de Oro	16.31	17.9794
Granito	15.83	17.4503
Mineral de Hierro	16.98	18.7180
Mineral de Plomo	12.54	13.8235
Caliza	12.77	14.0771
Mica	148	163.1486
Lutita petrolífera	19.91	21.9479
Roca fosfatada	11.14	12.2802
Cuarzo	14.05	15.4881
Taconita	16.36	18.0345

Este factor expresa en kWh el valor del trabajo requerido para reducir el tamaño de una tonelada corta de material con un tamaño de alimentación teóricamente infinito a un producto con un porcentaje pasante del 80% en una criba de 100 μ .

Para nuestro caso, la información requerida será:

Material: Roca Mineral Polimetálica

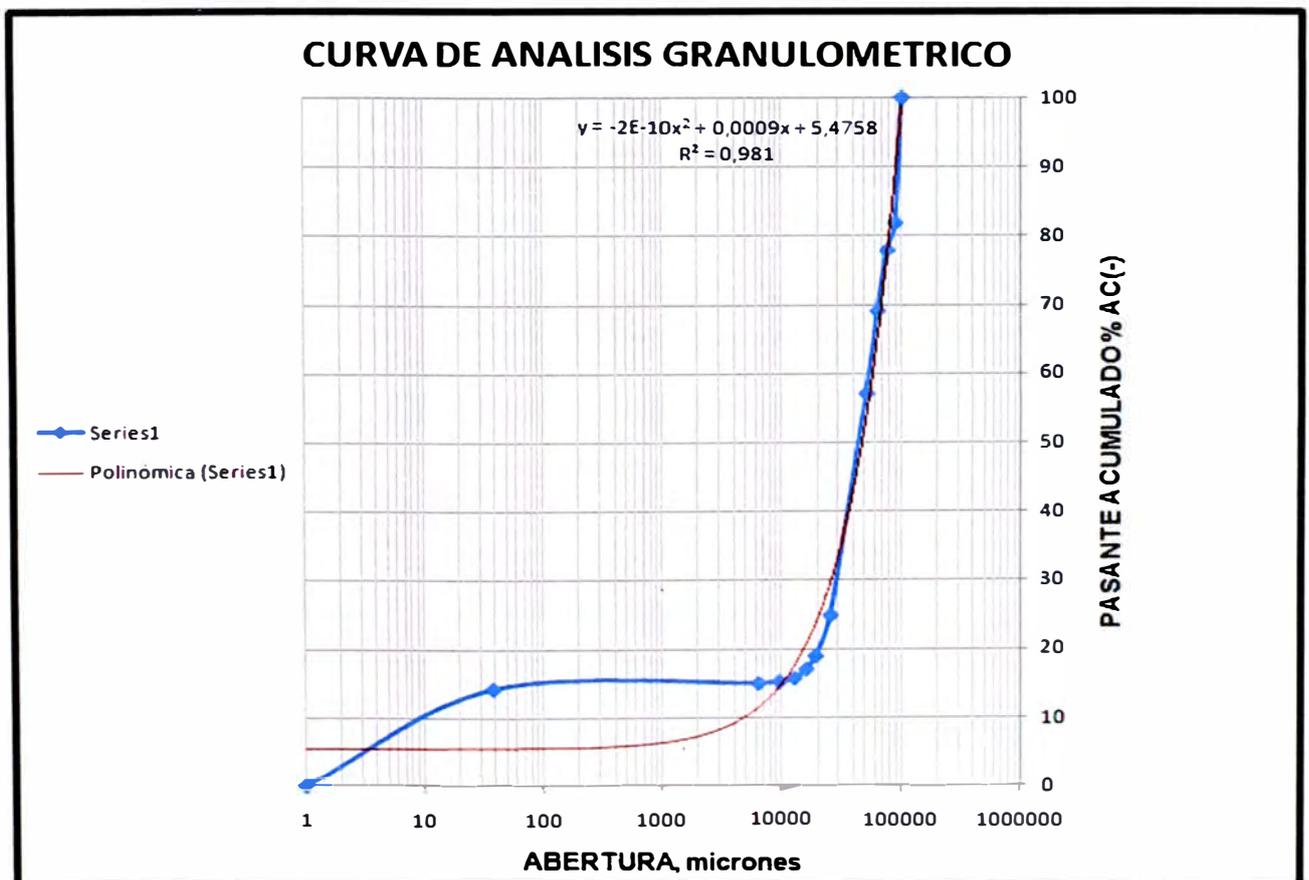
Peso Especifico	= 2650 Kg/m ³
Dureza	= 6 en la escala Mohs
Resistencia a la Compresión	= 35.000.000 Kg/m ²
Índice de Trabajo	= 15 KwH/ton

Parámetros de Operación: **Actuales**

Capacidad de Procesamiento	=	1600 tmpd
Revoluciones del piñon (main shaft)	=	485 RPM
Revoluciones de la excéntrica	=	192 RPM
Tamaño ingresante	=	3 pulg.
Tamaño de descarga	=	1/2 pulg.

Datos de la granulometría del mineral, correspondientes a la muestra obtenida en la Faja Transportadora N° 4, la cual alimenta a nuestra chancadora, se muestran a continuación:

Tablas 4.5: Análisis Granulométrico del Mineral.



GRUESOS DE LA ZARANDA Nro. 1 - FAJA N° 4

MALLA	MICRONES	GRUESOS				CALCULO 80% PASANTE
		PESO (gr.)	% PESO	ACUM (+)	ACUM (-)	P80
3 1/2	88900	3630,00	18,15	18,15	81,85	82827,26
3	76200	795,38	3,98	22,13	77,87	0,00
2 1/2"	63500	1758,26	8,79	30,92	69,08	0,00
2"	50800	2400,00	12,00	42,92	57,08	0,00
1"	25400	6430,60	32,15	75,07	24,93	0,00
3/4"	19050	1182,20	5,91	80,98	19,02	0,00
5/8"	15875	389,60	1,95	82,93	17,07	0,00
1/2"	12700	258,40	1,29	84,22	15,78	0,00
3/8"	9525	95,75	0,48	84,70	15,30	0,00
1/4"	6350	46,28	0,23	84,93	15,07	0,00
400	38	153,60	0,77	85,70	14,30	0,00
-400	0	2859,93	14,30	100,00	0,00	0,00
TOTAL		20000,0	100,0			82827,26

Fuente: Area de Metalurgia de la Minera, Noviembre 2011

4.4.2 Esquema Teórico de la Cámara Actual

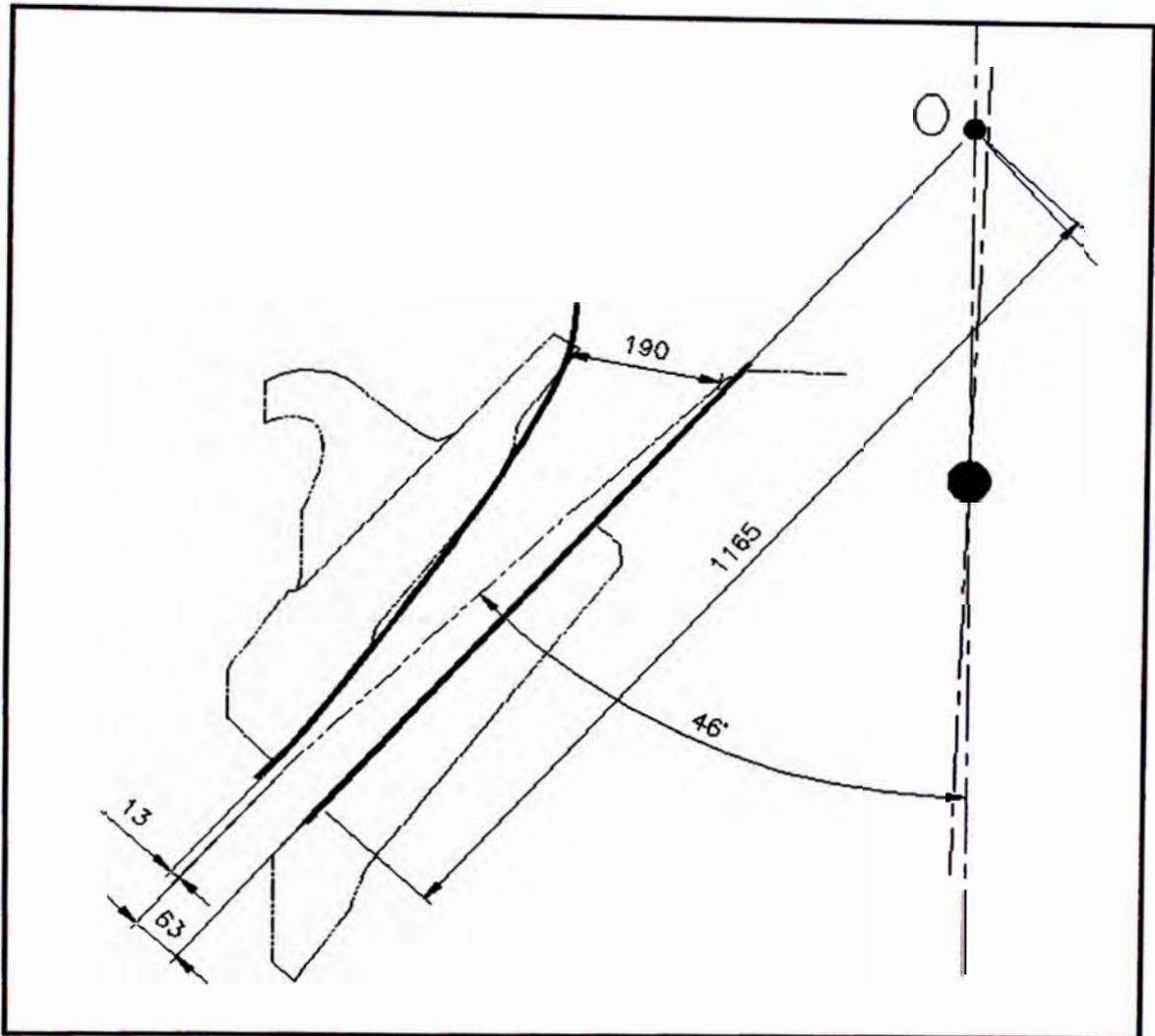


Figura 4.1.- Esquema del antiguo perfil.

Consideraciones:

- Mineral sin presencia de humedad, por lo que el efecto del apelmazamiento se desprecia.
- El perfil toma la configuración teniendo en cuenta que tenemos presencia de mineral con tamaños reducidos, por lo que la parte tercia inferior tenderá a ser más cerrada que la del perfil actual.

4.5. Simulación Computacional de los Perfiles Planteados

A continuación se procedió a presentar los diversos perfiles que se sugirieron y se modelo en un software especializado, donde aparte de la geometría se simula un grano de mayor tamaño (en este caso de 3”) y los parámetros de características del material y condiciones de operación, da como resultado la aprobación o el rechazo de la configuración que se plantea.

Es así, que al verificar el perfil antiguo, se tiene el siguiente resultado, que se aprecia en la Figura que se muestra a continuación.

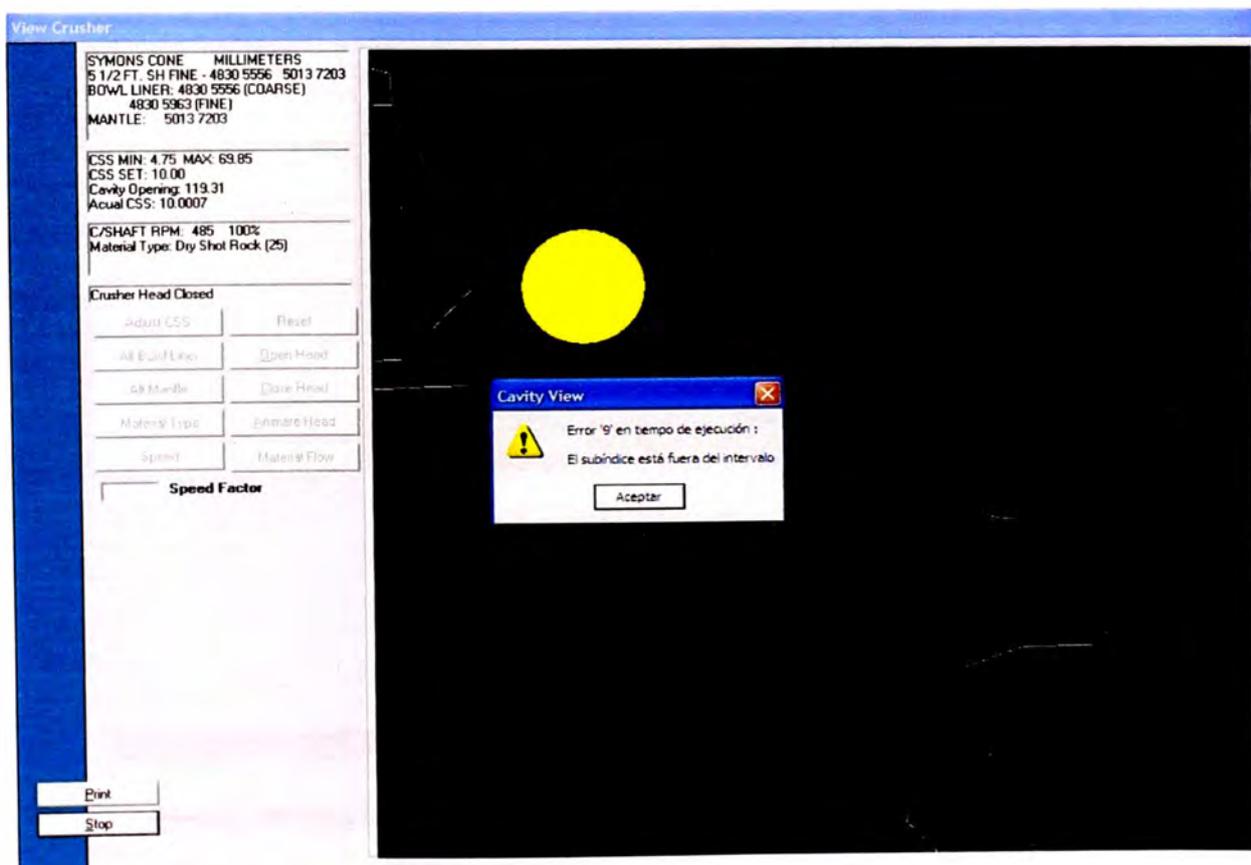


Figura 4.2.- Simulación de antiguo perfil.

Con uno de los nuevos perfiles planteados, la simulación procesa un buen procedimiento de triturado y flujo de material, como se puede ver en la siguiente Figura.

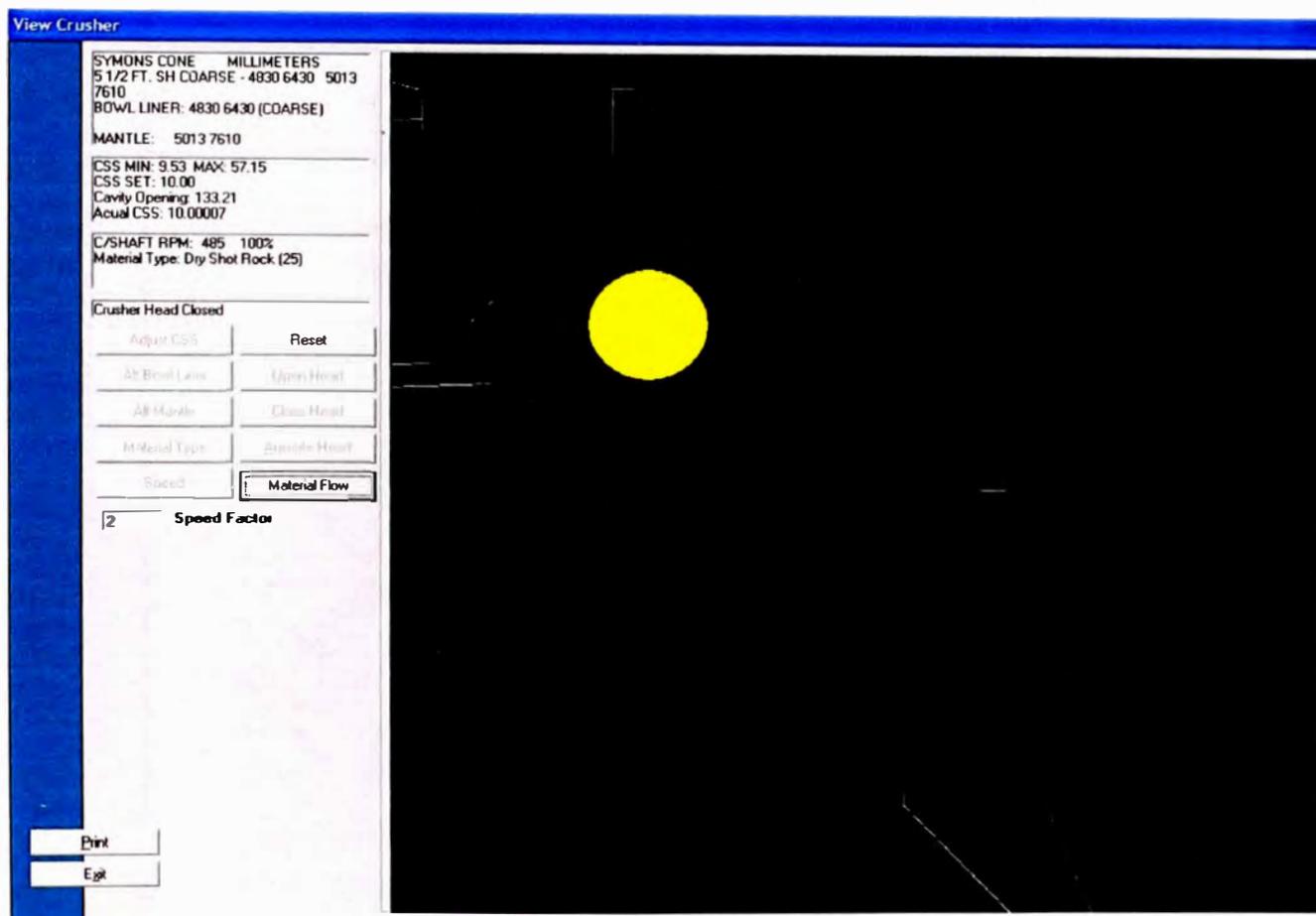


Figura 4.3.- Simulación de un nuevo perfil.

4.6. Selección del perfil apropiado

Habiendo tenido la alternativa de probar con geometrías de varios perfiles, y haciendo la modelación y simulación con el software de diseño correspondiente, se ha seleccionado el perfil cuya configuración es la siguiente:

4.6.1 Esquema Teórico de la Cámara de Trabajo

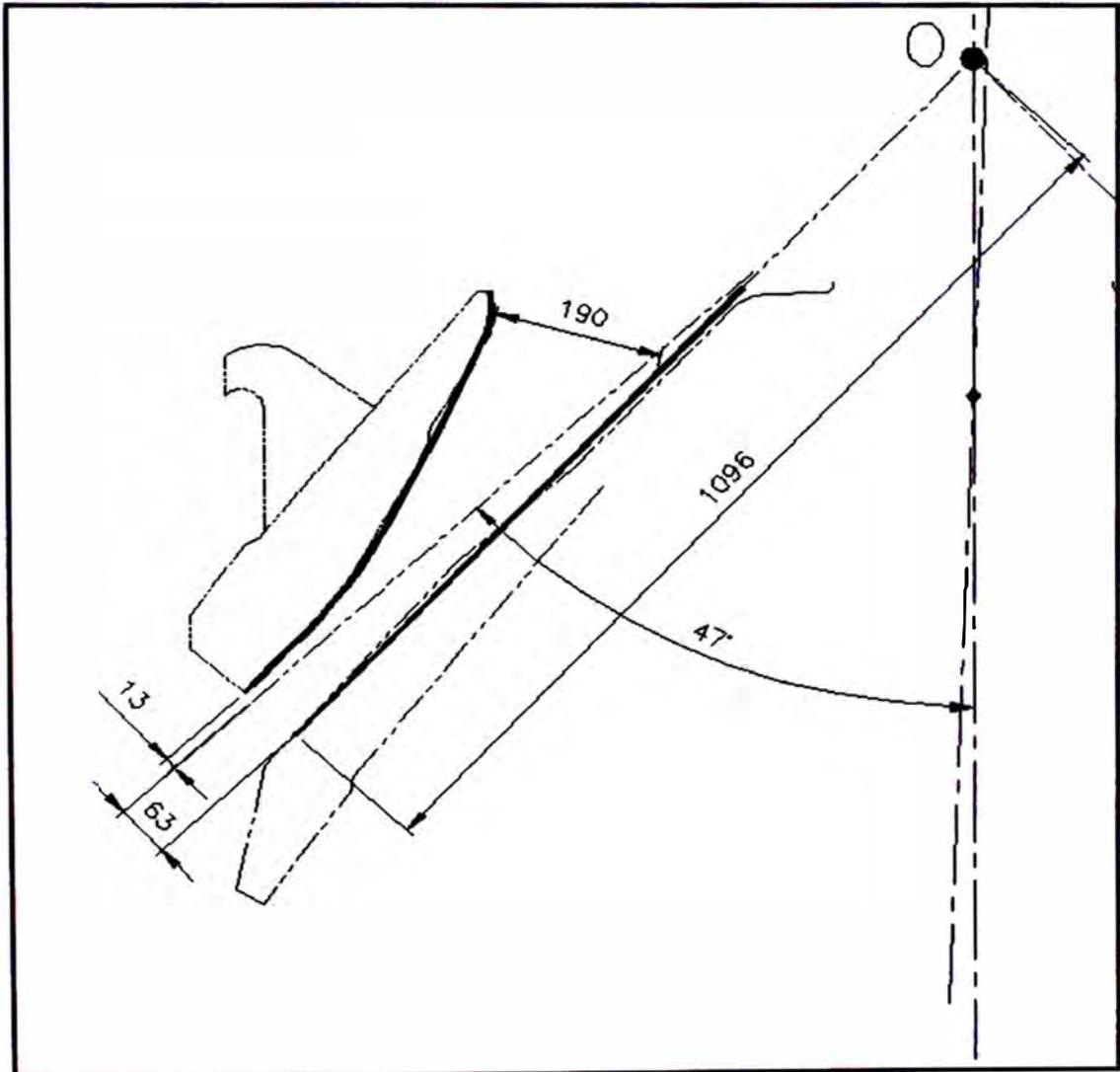


Figura 4.4.- Esquema del nuevo perfil.

4.6.2 Especificación del material a utilizar

Además del perfil y otras características dimensionales, la calidad del acero tiene una gran influencia en la vida útil de la pieza de desgaste.

Como se ha mencionado con anterioridad se han desarrollado fundiciones de acero, resistente al desgaste (para tratamientos en caliente y acero austenítico al manganeso), así como fundición blanca sobre base del Cr, Cr/Mo y Cr-Ni-Mo, de alta calidad y extremadamente resistente al desgaste; ambos tipos de fundición están producidas conforme a todos los estándares y especificaciones, así como fabricadas también de material especial y adaptadas a los diferentes usos previstos.

En la Tabla 4.6 que se muestra a continuación se describe brevemente algunos de los aceros utilizados para estos tipos de aplicaciones y otras. Se mencionan las normas de referencia y algunas características importantes.

Es entonces que seleccionamos para nuestro proyecto el siguiente material por ser uno de los aceros especiales para aplicación como revestimiento de la cámara de trituración y sus buenas características.

Material: Alto Acero de Manganeso Austenítico Modificado ASTM A128 (HADFIELD 11-14% Acero al Manganeso, 0.9-1.2% Mo.)

Características: Este grado es liberado comúnmente como ensayo para incrementar el funcionamiento del buje de acero

al manganeso. Alto manganeso, Austenítico (no magnético), acero del endurecimiento por trabajo. Tiene alta resistencia, ductibilidad, resistencia al choque y excelente resistencia al uso en aplicaciones más castigadas. En adición, tiene muy bajo coeficiente de fricción lo cual es muy importante para resistencia al uso especialmente en aplicaciones de acero a acero. Este acero se comporta mucho mejor en condiciones de uso escabrosas. Dentro de más impacto y martilleo recibe, la superficie de acero se hace más dura. Esta característica se conoce como endurecimiento por trabajo. El hecho de que el material permanece dúctil por debajo, ocasiona que el acero sea más efectivo en combatir el impacto y la abrasión. Este acero se puede soldar con electrodos especiales de alto manganeso. Debido a que este acero posee características de endurecimiento por trabajo, no se presta a trabajar a máquina por métodos convencionales.

Tabla N° 4.6: Aceros utilizados como recubrimientos anti-desgaste

Nombre	Norma de Referencia	Observaciones	BHN	Aplicaciones
Aceros resistentes al impacto y compresión (Aceros al manganeso)	ASTMA-128 Gr. A		Superiores a 550	Bowl Liners, Mantle, Zapata de oruga
	ASTMA-128 Gr. E1	Mo = 0.9 - 1.2		Martillos de alto impacto, Yunques
	ASTMA-128 Gr. C	Cr 1.8 - 2.2		Conos, muelas y forros molino
	ASTMA-128 Gr.A	Mn 20%		Gran impacto y severa abrasion

Nombre	Norma de Referencia	Observaciones	BHN	Aplicaciones
Fierros de alto Cr resistentes a la abrasión extrema (fierro blanco)	ASTMA-532 Gr IID	18 - 23 Cr	600 - 650	Impulsores y platos para bombas, placas de desgaste, forros de molinos; usados especialmente donde hay alta abrasion.
	ASTMA-532 Gr IIIA	18 - 23 Cr	650 - 700	
	AISI D3	Especial K	580 - 650	

CAPITULO 5

ANALISIS DE COSTOS

Para desarrollar este capítulo se debió buscar toda la información de las inversiones y gastos incurridos durante la implementación y los beneficios generados y estimados.

El Área de Mantenimiento de la Planta Concentradora apuntó a mejorar la productividad en función de optimizar la producción de la chancadora secundaria y disponer de una nueva configuración que funcionará con las exigencias actuales, sin la necesidad de cambiar por ahora todo el equipo.

5.1. Repercusión económica de posibles eventualidades

La Empresa Minera considerada para nuestro proyecto está ubicada en un yacimiento de minerales cuyas leyes, y procesos llevados a cabo en su planta concentradora, permiten obtener los concentrados mencionados anteriormente con muy alta pureza. A continuación se muestra en la Tabla N° 5-1 la producción anual de concentrados (tomada del año 2010) y lo que significa económicamente de ingresos a la empresa la venta de los mismos a los diversos clientes con que cuenta, a las condiciones de máxima capacidad de planta.

Tabla N° 5.1

CIA. MINERA POLIMETALICA - 2010				
Produccion Anual			Precio de Mercado	Total
Producto	Und	Cant.	(US\$)	(US\$)
Concentrado de Cu	TM	5.650,00	3965,0	22.402.250,00
Concentrado de Zn	TM	35.074,00	975,3	34.205.918,50
Concentrado de Pb	TM	12.284,00	1011,0	12.419.124,00
Concentrado de Ag	Oz	15.100.000,00	15,5	234.495.450,00
			Venta US\$	303.522.742,50

Fuente: Datos de la Minera y Precios actualizados

De aquí se deduce que diariamente se vende el producto a un promedio de **US\$ 831.569,16**.

El mismo monto mencionado es lo que nuestra empresa deja de percibir diariamente por una parada de planta si se presenta algún desperfecto en un equipo o problemas operativos de producción. Tratándose en nuestro caso de la chancadora secundaria Symons, la cual consideramos crítico por ser única en la línea de chancado secundario, la parada repentina de esta originará que se pare la producción por uno o más días, dependiendo de la gravedad de la falla.

En las actuales condiciones de operatividad de la chancadora Symons, puede que no se tenga una pronta falla en el equipo, pero está implicando que la producción de material triturado no sea la adecuada y que los índices de capacidad estén por debajo de las condiciones nominales, lo que repercute en menores ingresos diarios a la empresa.

5.2. Presupuesto para el Proyecto

Consideraremos para el desarrollo de este sub-capítulo, la inversión y los costos necesarios para llevar a cabo la sustitución de los componentes de desgaste de la cámara de triturado del equipo con el nuevo perfilado propuesto, como son los que corresponden al trabajo en gabinete para el rediseño, el desarrollo de planos e información correspondiente al planeamiento de las labores fabricación y el suministro por un proveedor especializado, y el posterior montaje de estos elementos. Así mismo tomaremos en cuenta las implicancias que respecta a la seguridad personal y del medio ambiente.

En lo que respecta a la actividad del montaje de los nuevos forros, tomaremos en cuenta los costos de mano de obra especializada y el tiempo de prueba que será necesario para verificar las mejoras esperadas con el nuevo diseño. Está claro que para realizar este cambio será necesaria detener la producción por 2 días o 48 horas, tiempo que consideramos más que suficiente para implementar este proyecto.

En la tabla que mostramos a continuación detallamos el presupuesto para llevar a cabo el presente proyecto.

Tabla N° 5.2

Proyecto : Rediseño de la Cámara de Trituración de la Chancadora Secundaria Symons-Norberg de 5 1/2 Pies					
FORMATO RESUMEN DE PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unid	Cantidad	P.U \$	P.P US \$
1.-	INGENIERIA				15.000,00
1.1	Ingeniero de Diseño y Proyectos	GLB	1	6500,00	6.500,00
1.2	Técnico Cadista	GLB	1	4500,00	4.500,00
1.3	Técnico de Laboratorio para granulometría	GLB	1	1500,00	1.500,00
1.4	Supervisión	GLB	1	2500,00	2.500,00
2.-	TRABAJOS PRELIMINARES				1.250,00
2.1	Seguridad y señalización, movilización y desmovilización de personal y equipos, limpieza final de obra, etc.	GLB	1	1250,00	1.250,00
3.-	OBRAS MECANICAS				864,00
3.1	Desmontaje de chancadora para retiro de liners actuales y remoción de material apelmazado.	hr-H	40,00	4,50	180,00
3.2	Instalación de nuevo mantle liner y verificaciones.	hr-H	16,00	4,50	72,00
3.3	Instalación de nuevo bowl liner y verificaciones.	hr-H	16,00	4,50	72,00
3.4	Montaje final de la chancadora	hr-H	40,00	4,50	180,00
3.5	Implementación y puesta en marcha.	hr-H	72,00	5,00	360,00
4.-	ADQUISICIONES				18.095,00
4.1	Nuevo Mantle Liner	und	1,00	8.450,00	8.450,00
4.2	Nuevo Bowle Liner	und	1,00	9.645,00	9.645,00
5.-	OTROS				5.856,35
5.1	Transporte de materiales y otros	GLB			500,00
5.2	Contingencias (+15%)	GLB			5.356,35
	SUBTOTAL US \$				41.365,35
	GASTOS GENERALES US \$		8%		3.285,23
	TOTAL DEL PROYECTO US\$				44.350,58

Luego de tener el presupuesto que implica la nueva implementación, pasaremos a analizar la **Inversión Total** correspondiente, que significa considerar los dos días de parada en la producción, la cual será tomada también como inversión de la empresa. Esto lo tenemos valorado en la Tabla que se muestra a continuación.

Tabla N° 5.3

INVERSION TOTAL DEL PROYECTO			
1.	Presupuesto del proyecto	US\$	44.350,58
2.	Parada de Operaciones - 2 Dias	US\$	1.663.138,32
TOTAL US\$			1.707.488,90

5.3. Otros Costos

En cuanto a los costos de mantenimiento involucrados, en el año 2010 se ha valorado lo siguiente, según lo reportado por el Área de Mantenimiento – Planta Concentradora:

Tabla N° 5.4

	Costo US\$
Enero	13.075,00
Febrero	26.075,00
Marzo	13.075,00
Abril	13.075,00
Mayo	26.075,00
Junio	13.075,00
Julio	13.075,00
Agosto	26.075,00
Septiembre	13.075,00
Octubre	13.075,00
Noviembre	26.075,00
Diciembre	13.075,00
TOTAL	208.900,00

Con la implementación de este proyecto de mejora se espera los siguientes resultados:

- **Optimizar la producción:** la planta concentradora debe procesar al menos **1600 tnpd** de roca mineral en las condiciones de menos volumen de mineral explotado de minas. En régimen nominal se debe alcanzar las **2200 tnpd** de mineral a tratar, tasa para la cual la planta esta dimensionada.
- **Bajar costos de mantenimiento:** se estima que los costos deben bajar hasta un 30% de lo reportado en el año 2010, o sea, llegar hasta los **US \$ 146.230,00** por año en promedio.
- **Aumentar la venta de concentrados:** se proyecta alcanzar el valor de **US \$ 400.000.000,00** por año en promedio.

CONCLUSIONES

- En una Chancadora Cónica, la fragmentación del material resulta de la compresión continuada que ocurre entre los forros alrededor de la cámara. Un efecto de trituración adicional ocurre entre las partículas comprimidas, resultando en un menor desgaste de los forros. Este efecto también es conocido como auto trituración de partículas.
- El factor determinante para el desempeño de una trituradora de cono secundaria es el perfil de la cámara o cavidad de trituración. Por eso, normalmente hay un rango de cavidades estándar disponibles por lo fabricantes para cada trituradora de modo a permitir la selección de la cavidad adecuada al tipo de material de alimentación y el producto requerido.
- La chancadora es solo un componente del circuito de chancado del proceso de una planta concentradora. Por eso, su rendimiento también dependerá de la selección y operación correcta de los alimentadores, cintas transportadoras, cribas, estructuras, motores eléctricos y silos.
- El apelmazamiento de material es un problema grave a considerar y que afecta el funcionamiento adecuado de una chancadora cónica, más si se trata de la etapa secundaria y peor si se tuviera una etapa terciaria, esto por la presencia de la humedad y los tamaños menores a procesar.

- La planta minera vería bien justificada el repontenciamiento de todos sus equipos y la adecuada aplicación de una optima gestión de mantenimiento, ya que diariamente se debe vender concentrado al valor de **US\$ 1.095.890,41**.
- Este trabajo representó un gran desafío intelectual, ya que demandó el conocimiento y aprendizaje, desde lo más básico de la modelación matemática y aplicación de los programas de modelación y diseño actuales, lo que tomo el 50% del tiempo de realización de este trabajo. Existen ya programas especializados desarrollados por los fabricantes para selección de sus equipos y partes, pero que por razones de privacidad no están difundidos.
- Es importante destacar, que este estudio solo muestra una parte de las teorías matemáticas más relevantes de los métodos utilizados en la solución del problema planteado, ya que no es la idea de este informe caer en todos los fundamentos matemáticos en que se basan estas teorías, por lo amplio del tema, sino más bien mostrar una aplicación real y concreta de lo aprendido en el transcurso de toda mi experiencia laboral.

RECOMENDACIONES

Medidas de Eficiencia Energética

Se proponen medidas para mejorar la eficiencia en el consumo energético de los sistemas de tratamiento de materiales, en especial para el Chancado.

De Operación:

- a. Verificar que el chancador tenga una adecuada alimentación, ya que una carga reducida podría hacer trabajar al chancador a un porcentaje de su capacidad nominal, implicando un gasto de energía innecesario.
- b. Verificar que el zarandeo previo a la alimentación del chancador sea el adecuado en amplitud, velocidad de zarandeo, las mallas y el espesor de la carnada. Con esto se evitaría que la chancadora trabaje en periodos con baja carga. Por otra parte si la carnada presenta un espesor mayor a lo establecido, la chancadora requerirá mayor energía para procesar el material.

De Mantenición:

- a. Verificar el desgaste de los revestimientos, ya que si esto no es controlado podría generar una mala operación en la chancadora y disminuir su rendimiento, lo que se reflejara en un mayor consumo de energía.

De Diseño:

- a. Verificar que el chancador trabaje dentro de los límites de volumen, potencia y fuerza para los que fue diseñado. De lo contrario el chancador podría estar

sub o sobre dimensionado, debiendo evaluarse la posibilidad de cambiarlo por uno que se adecue a las necesidades requeridas.

b. Reemplazar el chancador por uno más adecuado al proceso.

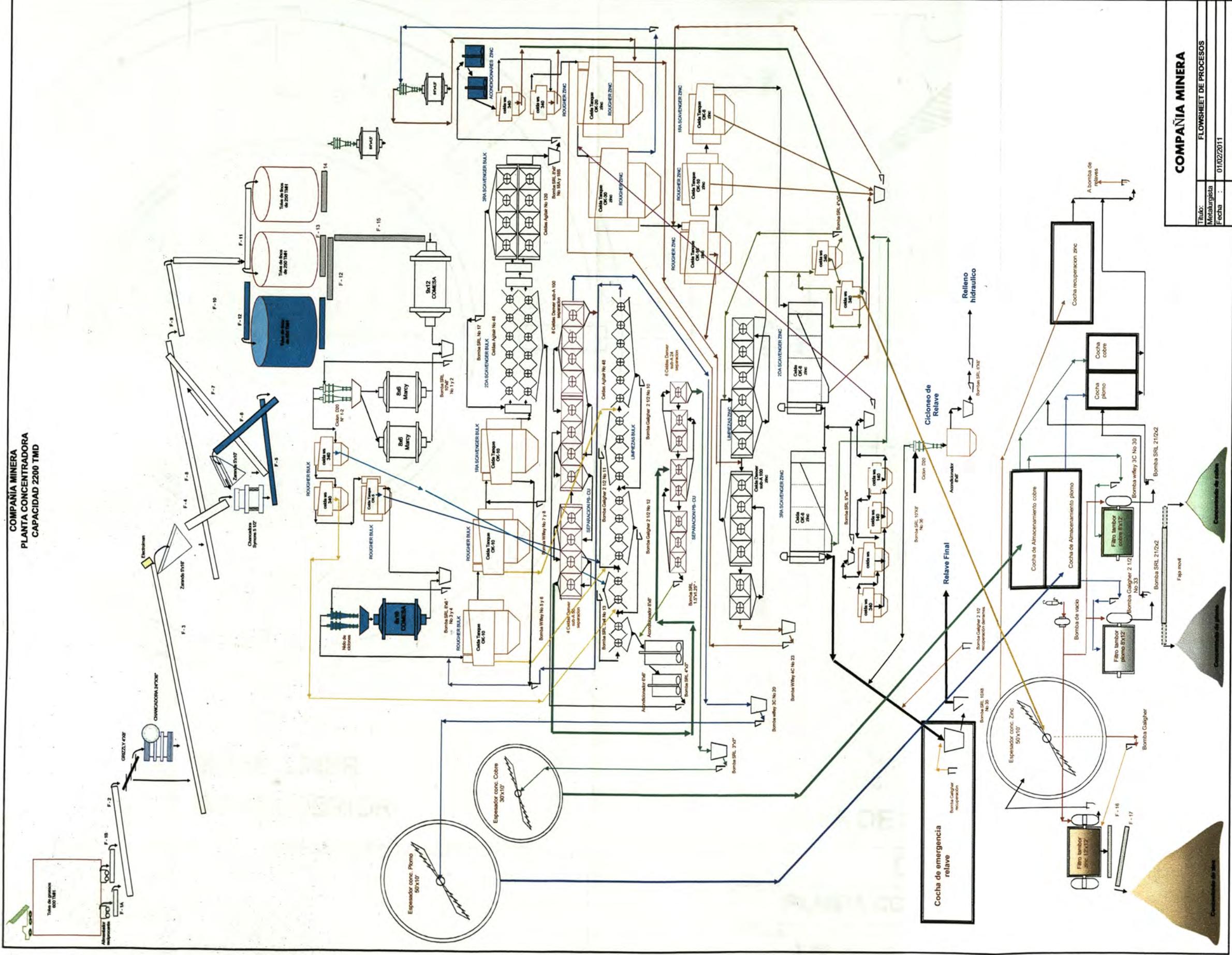
- Realizar muestreos de granulometría del mineral más convincentes en las diversas etapas de chancado y molienda, que en la actualidad existe con poca exactitud, solo se tiene valores que se obtienen una vez cada semestre con un solo muestreo y que definitivamente no son datos precisos que sirvan para seleccionar adecuadamente algún equipo. Esta labor debe realizarla como corresponde el laboratorio de metalurgia de la planta.
- Se recomienda debe hacer la revisión y evaluación exhaustiva de todos los equipos previa a la etapa del chancado secundario (chancadora primaria, zarandas, alimentadores vibratorios, inclusive los transportadores de faja y las parrillas clasificadoras) para determinar las condiciones de operación actual y si algunos de ellos tienen la posibilidad de almacenar material fino y luego lo pasen al proceso. Además, el material que ingresa a la planta concentradora debe estar en lo posible con un mínimo porcentaje de humedad contenida, por lo que sería recomendable coberturar (techar) la cancha de almacenaje de este mineral.
- Por último, es importante optimizar las condiciones laborales (seguridad y salud ocupacional) de las Plantas de Chancado. La optimización de la ventilación y los sistemas de captación de polvo son materias que deben ser abordadas de manera permanente para contribuir al mejoramiento continuo de la productividad laboral y de la calidad de vida de los trabajadores.

BIBLIOGRAFIA

1. Luis Fueyo Casado, **“EQUIPOS DE TRITURACION, MOLIENDA Y CLASIFICACION – Tecnología, Diseño y Aplicación”**, Editorial Rocas y Minerales, 2ª Edición, Año 1999
2. Stephens – Adamson, **“MANUAL DE BRITAGEM”**, Fábrica de ACO Paulista S.A., 2ª Edição, Año 1985
3. Fabricante SYMONS, **“TRITURADORAS DE CONO – MANUAL DE INSTRUCCIONES”**
4. Fabricante METSO, **“CHANCADORA DE CONO SERIE MS”**, Catalogo

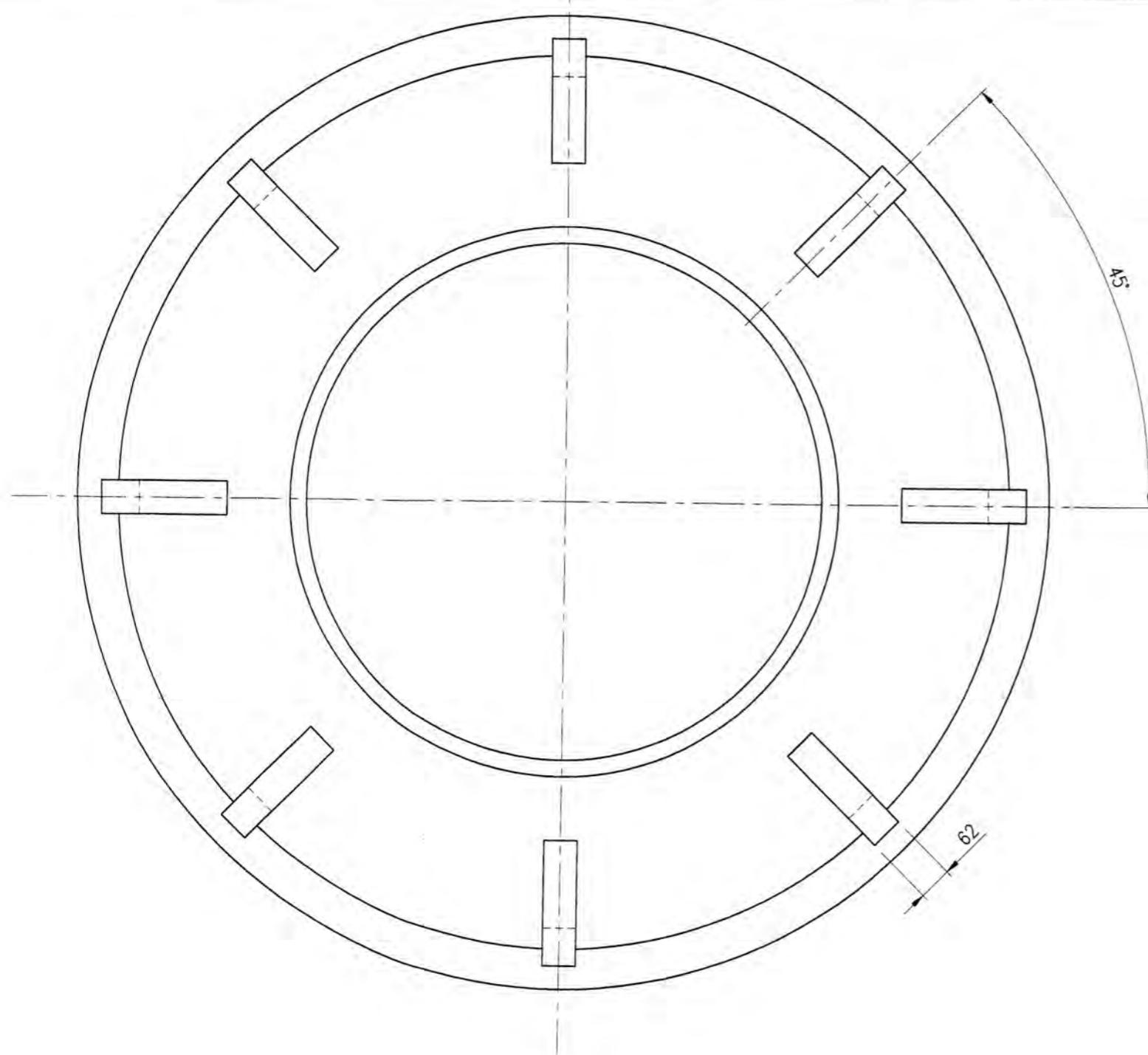
ANEXOS

**COMPANIA MINERA
PLANTA CONCENTRADORA
CAPACIDAD 2200 TMD**



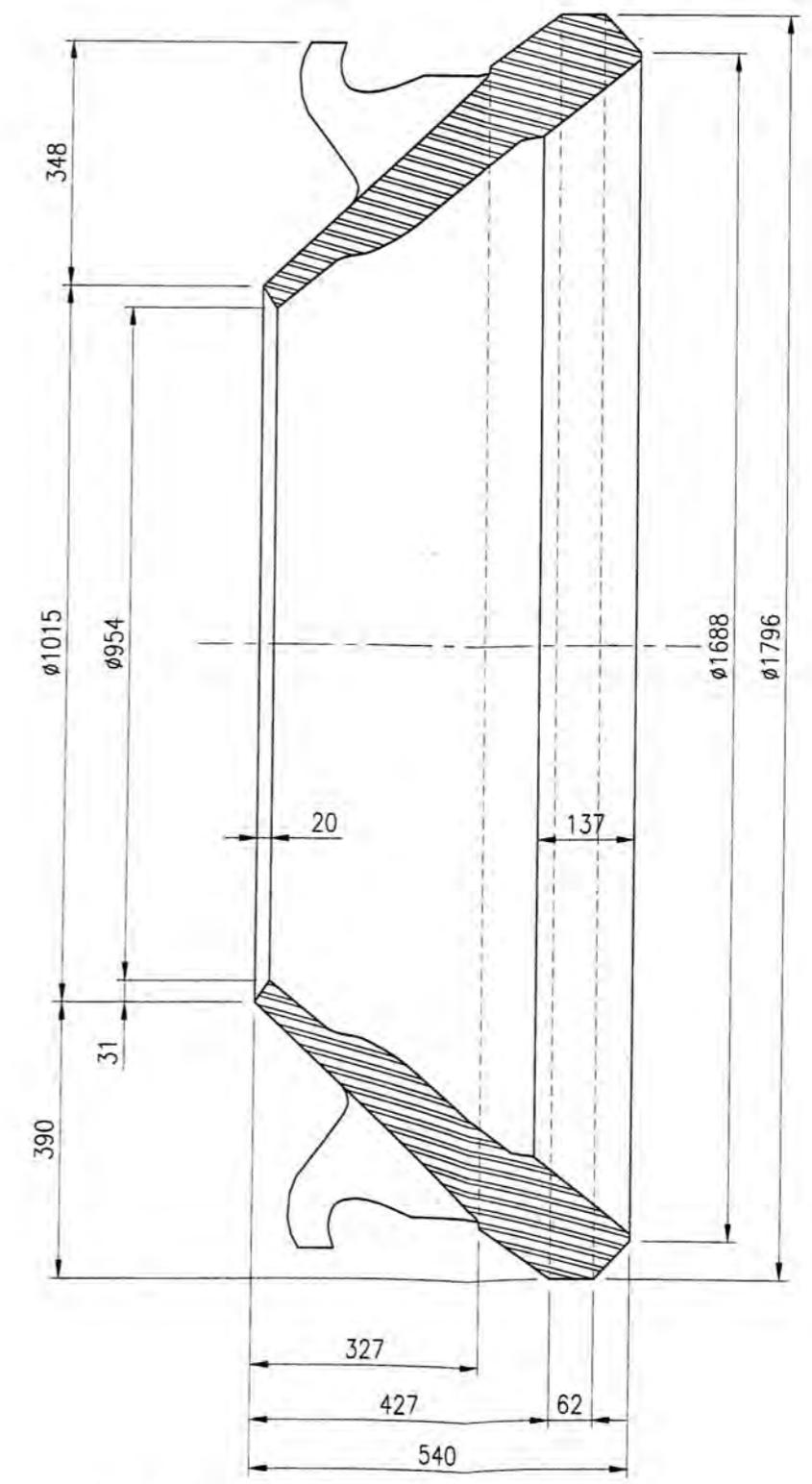
COMPANIA MINERA

Título:	Flowsheet de procesos
Meturgista:	
Fecha:	01/02/2011



BOWL LINER
VISTA SUPERIOR

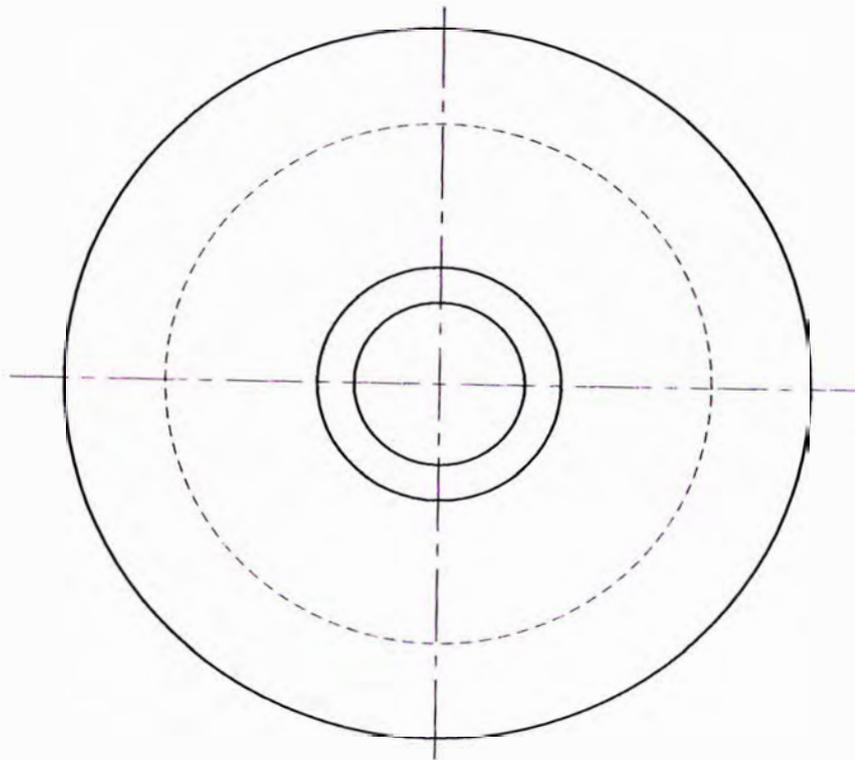
Material: Acero al manganeso austenítico



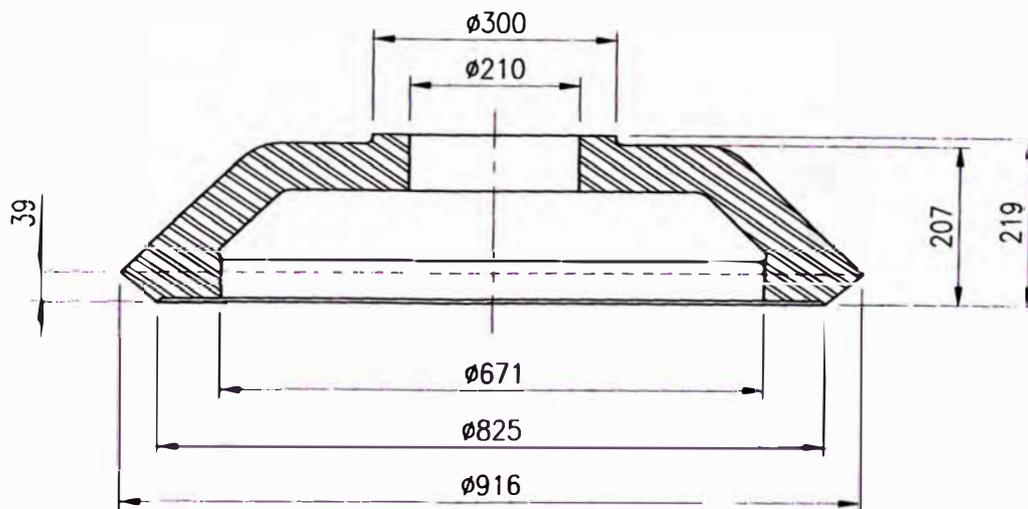
VISTA DE SECCION

COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'	
FECHA: SET.2011	DETALLE - BOWL LINER	
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO	LAMINA: IS-PL-01

Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.



VISTA SUPERIOR



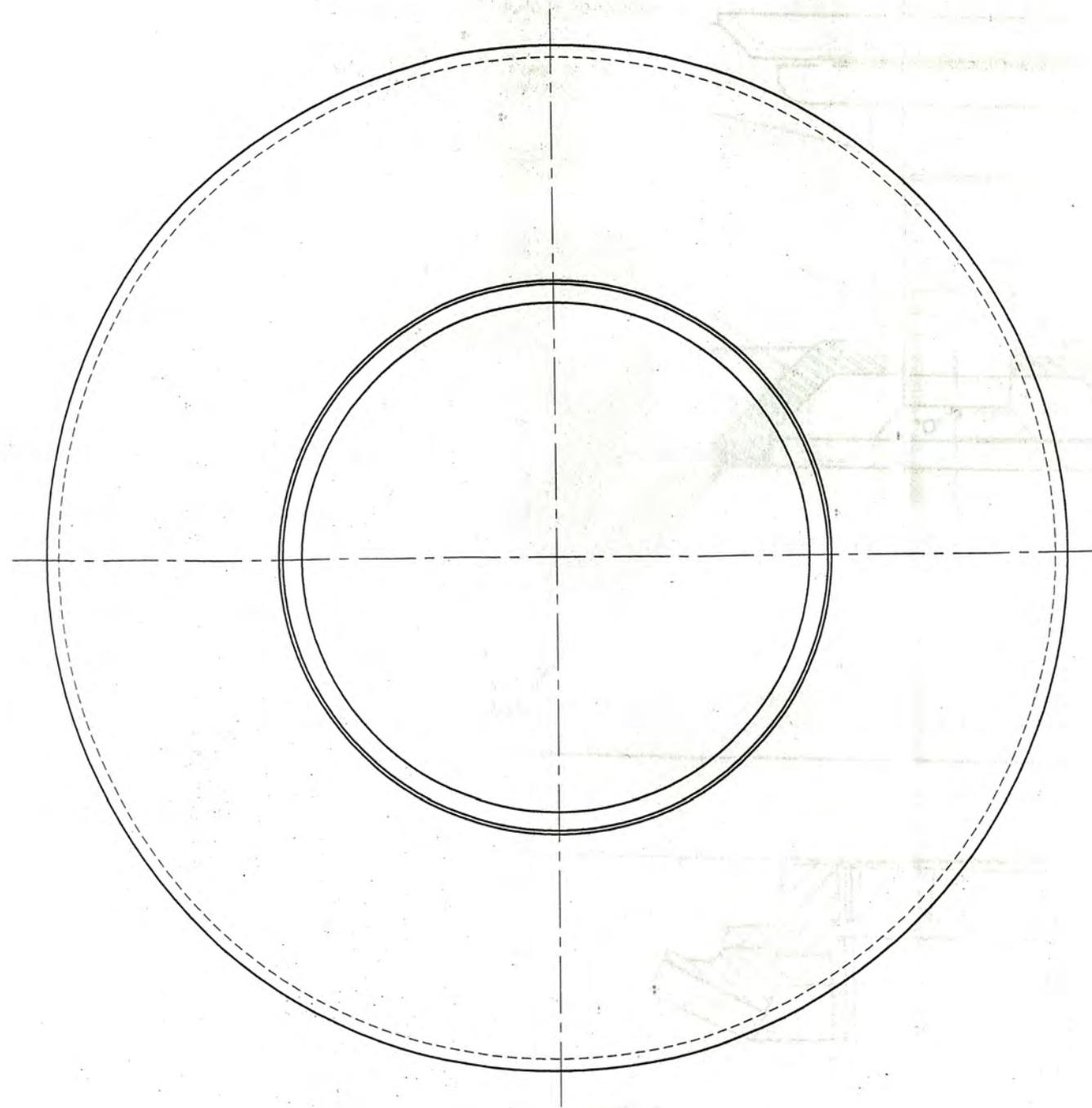
MANTLE LINER - SEGMENTO SUP.

VISTA DE SECCION

Material: Acero al manganeso austenítico

Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.

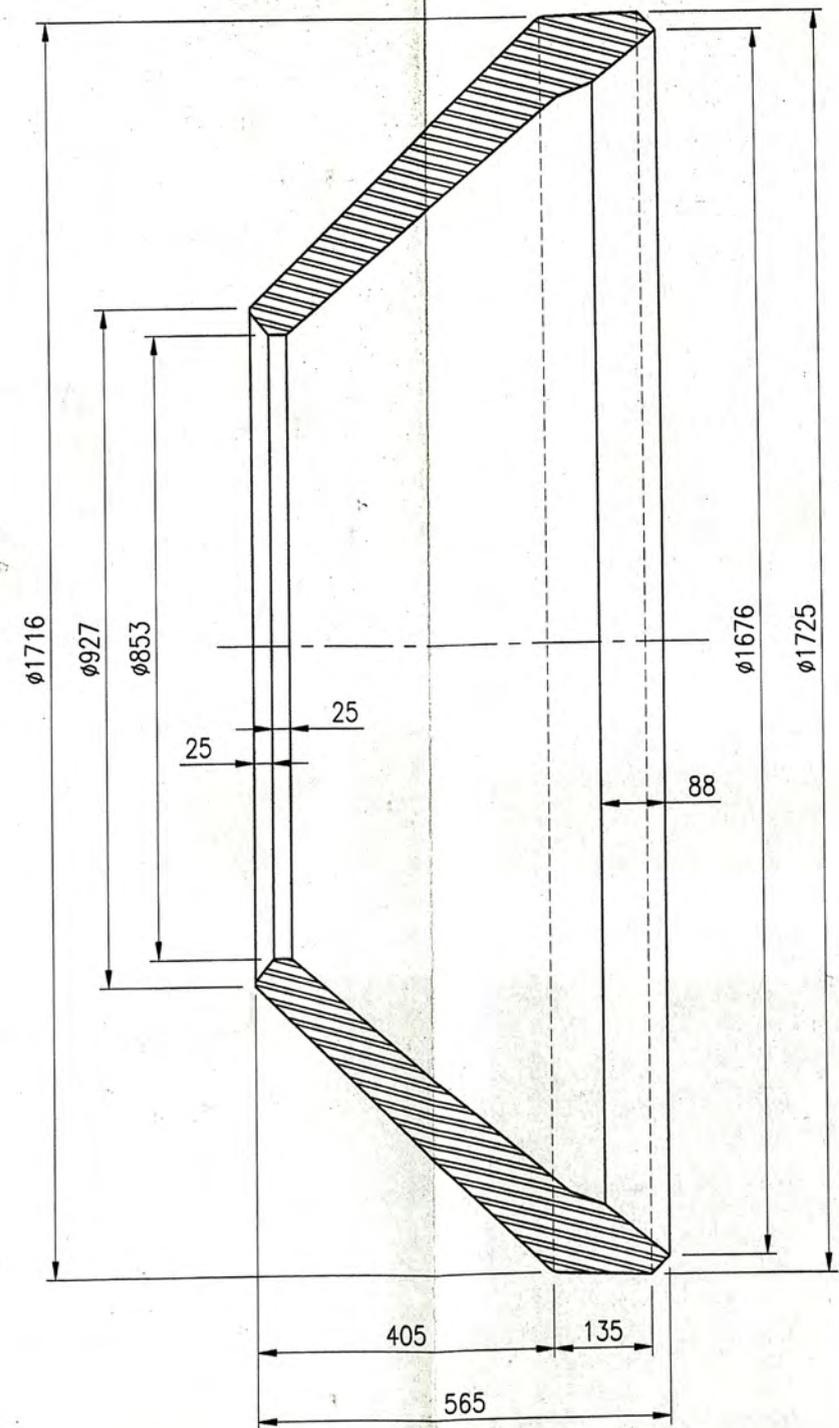
COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'	
FECHA: SET.2011	DETALLE - MANTLE LINER	
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO	LAMINA: IS-PL-02



MANTLE LINER - SEGMENTO INF.

VISTA SUPERIOR

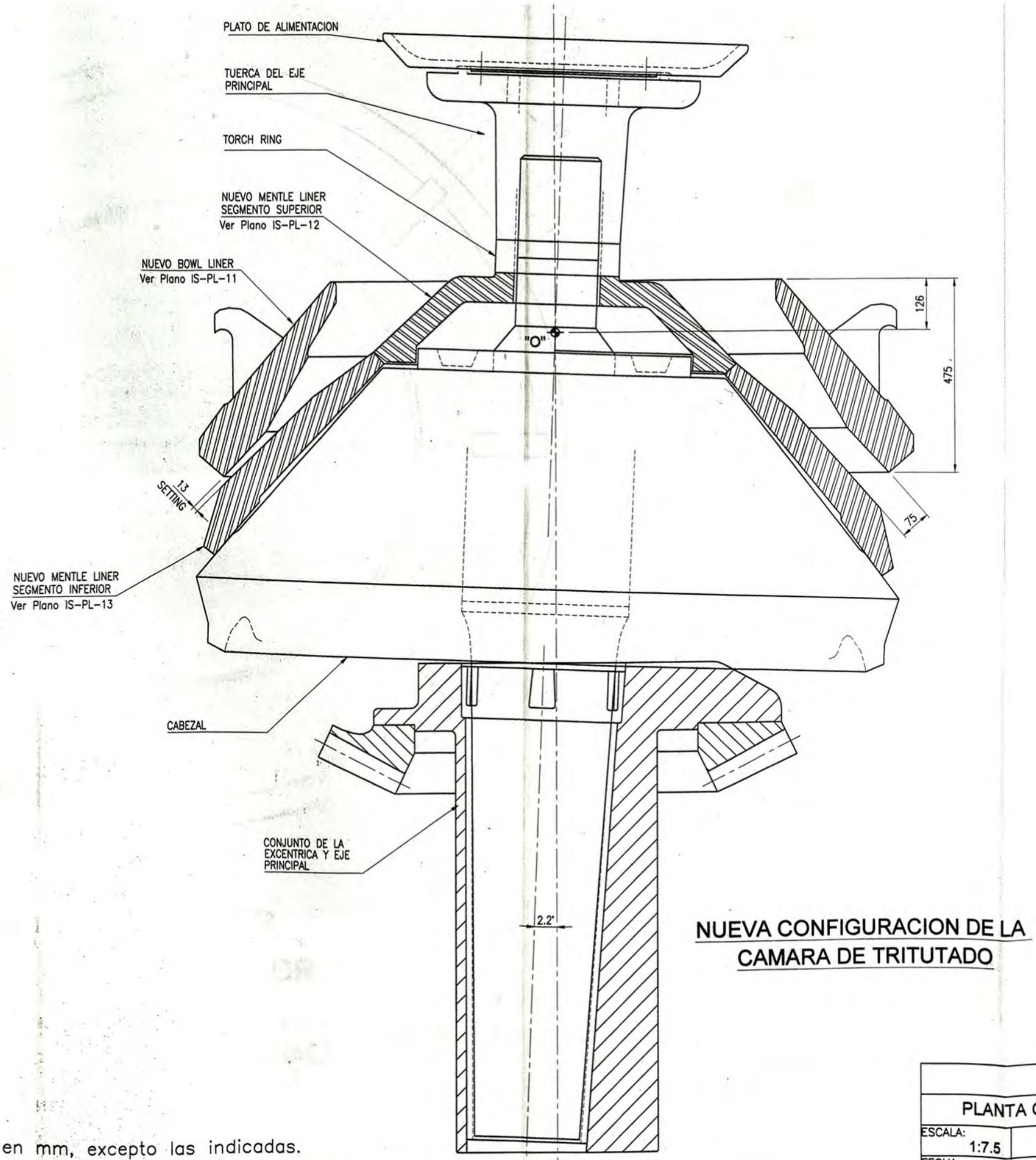
Material: Acero al manganeso austenítico



VISTA DE SECCION

COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'	
FECHA: SET.2011	DETALLE - MANTLE LINER	
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO	LAMINA: IS-PL-03

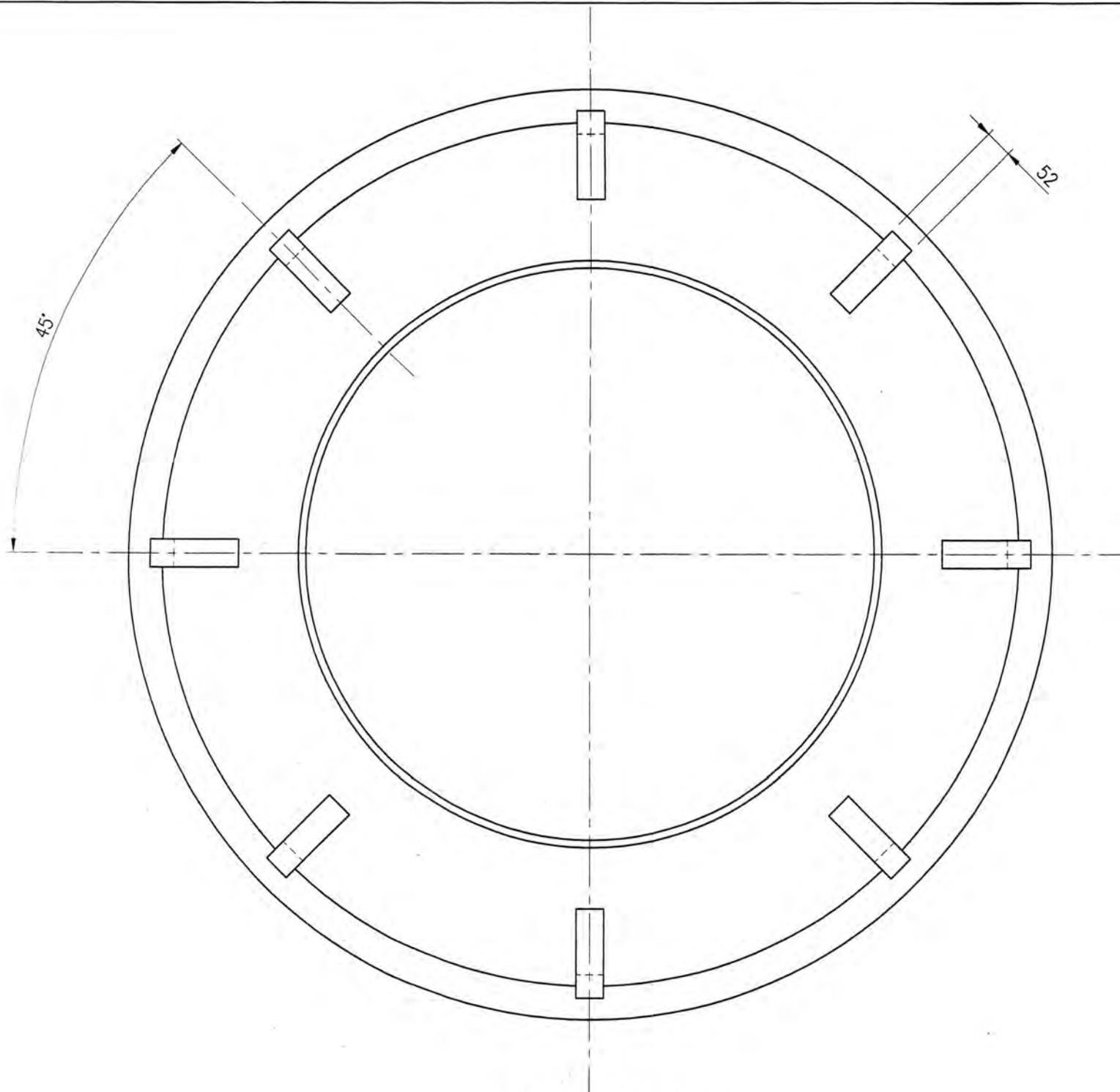
Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.



NOTAS

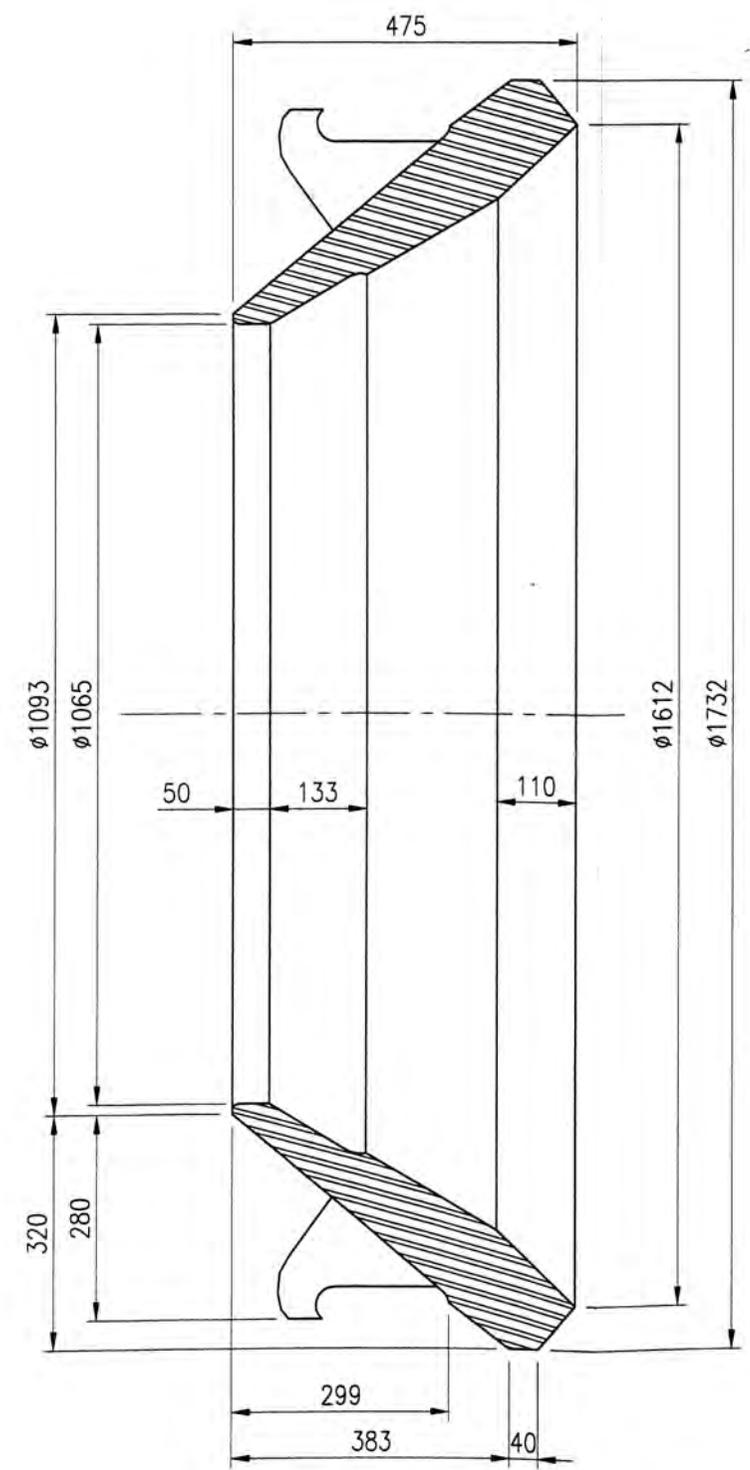
- 1- Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.
- 2- Para claridad de la información, solo se muestra algunos componentes de la chancadora.

COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA:	1:7.5	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'
FECHA:	OCT.2011	ARREGLO GENERAL
DIBUJO:	J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO
		LAMINA: IS-PL-10



BOWL LINER
VISTA SUPERIOR

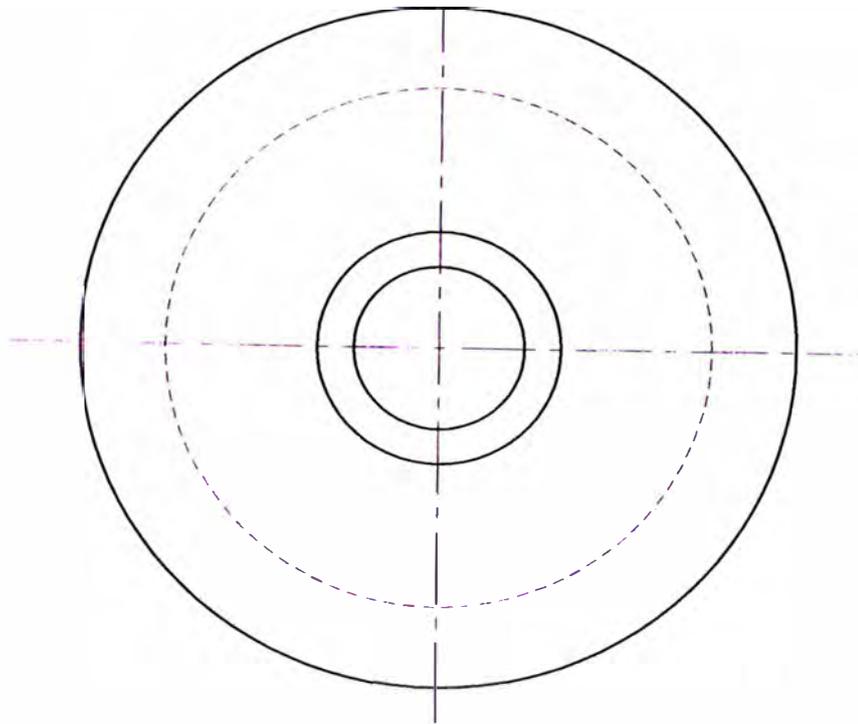
Material: Acero al manganeso austenítico
Espec. ASTM A128 HADFIELD



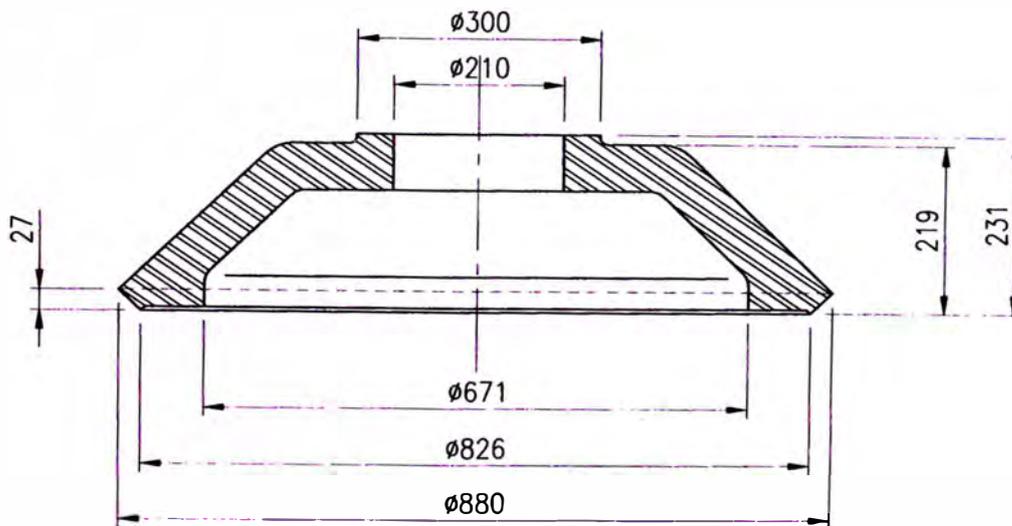
VISTA DE SECCION

COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'	
FECHA: OCT.2011	DETALLE - NUEVO BOWL LINER	
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO	LAMINA: IS-PL-11

Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.



VISTA SUPERIOR



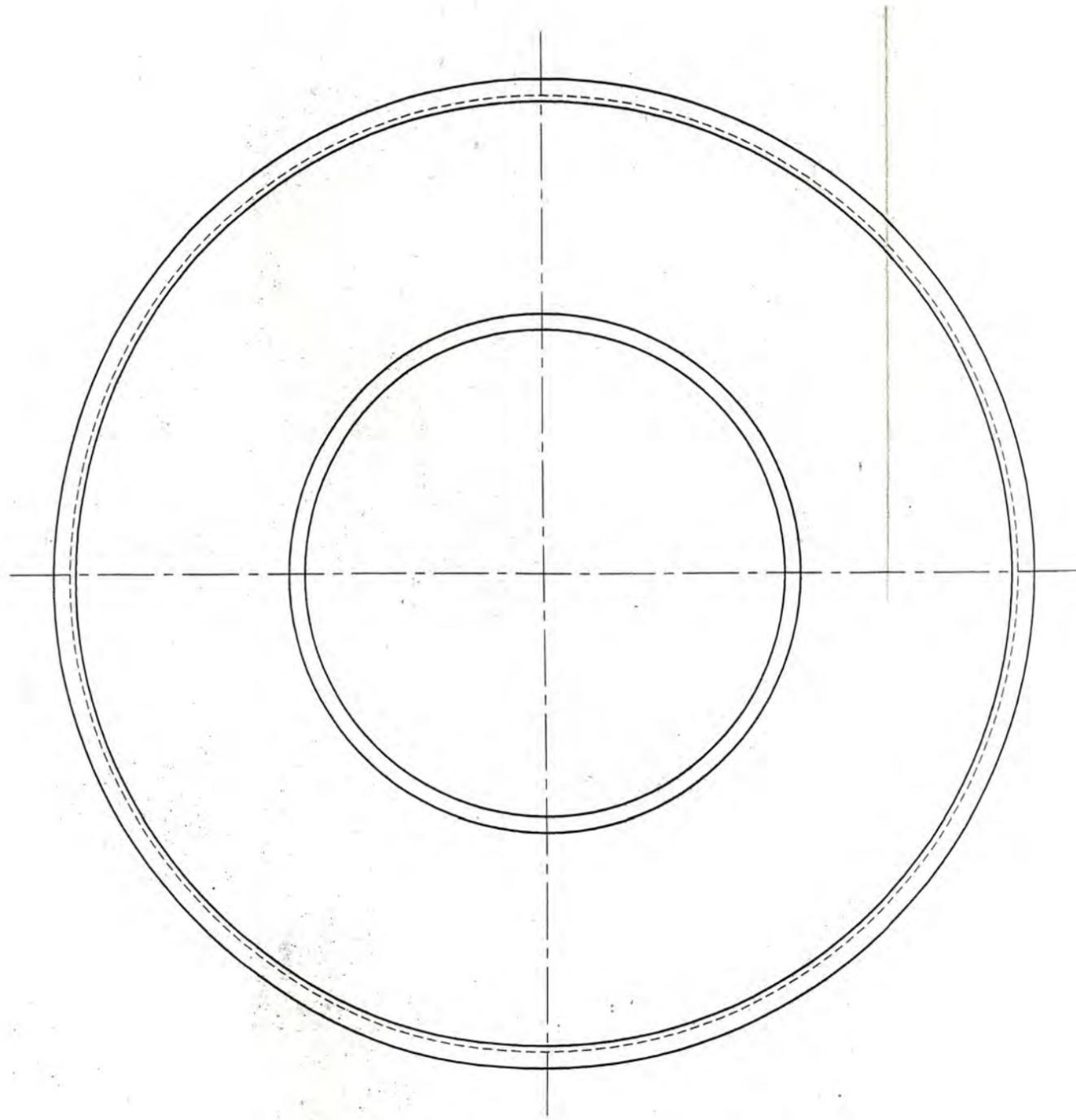
MANTLE LINER - SEGMENTO SUP.

VISTA DE SECCION

Material: Acero al manganeso austenítico
Espec. ASTM A128 HADFIELD

Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.

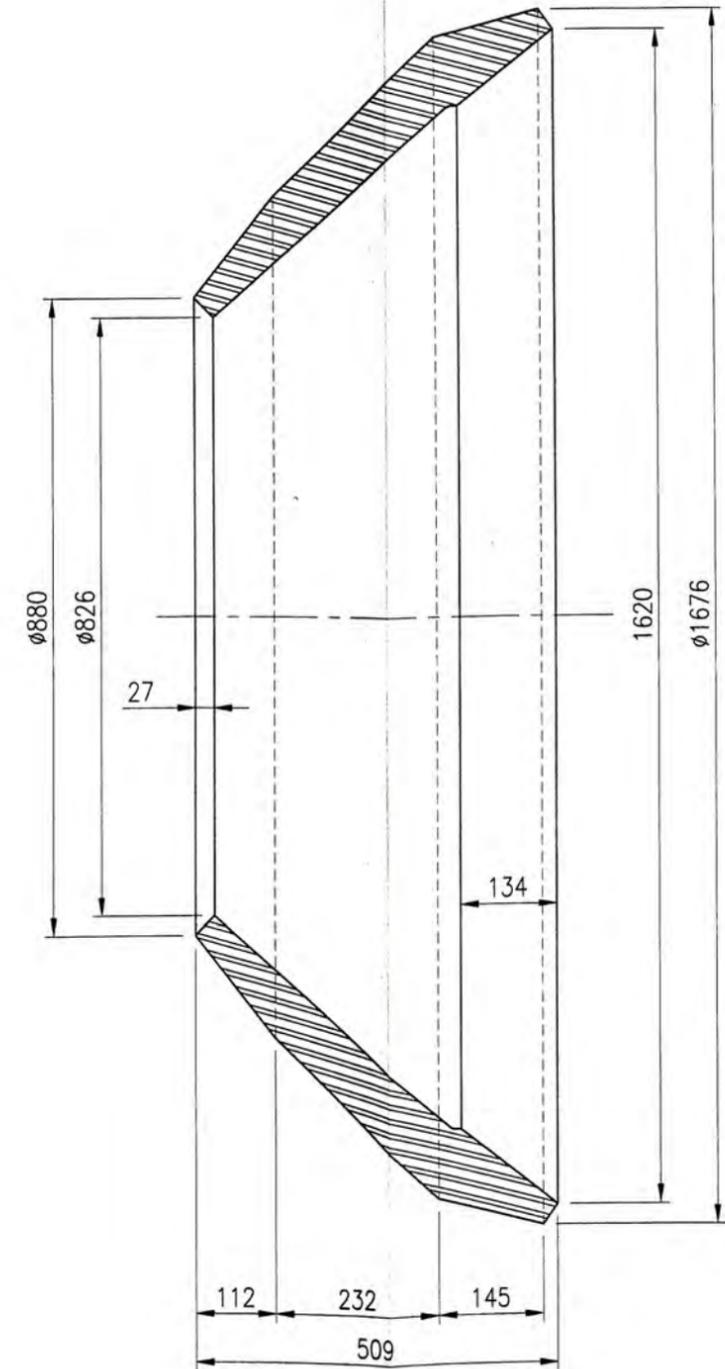
COMPAÑIA MINERA	
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO	
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'
FECHA: OCT.2011	DETALLE - NUEVO MANTLE LINER
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO
	LAMINA: IS-PL-12



MANTLE LINER - SEGMENTO INF.

VISTA SUPERIOR

Material: Acero al manganeso austenítico
Espec. ASTM A128 HADFIELD



VISTA DE SECCION

Todas las dimensiones estan en mm, excepto las indicadas.

COMPAÑIA MINERA		
PLANTA CONCENTRADORA - AREA CHANCADO		
ESCALA: 1:10	CHANCADORA SYMONS 5 1/2'	
FECHA: OCT.2011	DETALLE - NUEVO MANTLE LINER	
DIBUJO: J.A.A.	Bach. JORGE ANCHANTE ANICETO	LAMINA: IS-PL-13