



Facultad de Estudios Superiores Aragón
Universidad Nacional Autónoma de México

Extracción de concentrado de cobre
(Informe del Ejercicio Profesional)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA

Diego Antonio Rivera Corpus

**Director de modalidad: Ingeniero Alejandro Rodríguez
Lorenzana**

No. De cuenta 09117000-4

Estado de México Ciudad Nezahualcóyotl a 19/09/2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco...

A la Universidad Autónoma de México Campus FES Aragón por abrazarnos cálidamente en su comunidad, y estar al pendiente de sus alumnos.

A mi asesor por brindarme su apoyo.

A mis padres por apoyarme nuevamente en este logro.

A mis hermanas que siempre me brindan su cariño y apoyo incondicional

A mi esposa y a mis hijos que me han aguantado mi mal humor al realizar esta empresa y a su apoyo incondicional.

INDICE

Introducción.....	5
Objetivo.....	7

CAPITULO I. - LA INDUSTRIA MINERA.

1.1	La empresa y la actividad profesional.....	9
1.2	Organigrama de la empresa.....	10
1.3	Localización de la empresa.....	10
1.4	Misión.....	11
1.5	Visión.....	11
1.6	Política de calidad.....	11
1.7	Impacto ambiental.....	11
1.8	Departamento mecánico.....	11
1.9	Responsabilidades.....	14
1.10	Organigrama del departamento mecánico.....	18
1.11	Principales funciones y responsabilidades de cada puesto de la disciplina mecánica.....	19

CAPITULO II.- CONCEPTOS GENERALES.

2.1	Trituración.....	23
2.2	Molienda.....	29
2.3	Espesamiento y filtrado.....	32
2.4	Antecedentes del proyecto.....	35
	2.4.1 Condiciones del sitio.....	35
	2.4.2 Localización.....	35
	2.4.3 Ubicación.....	36
	2.4.4 Condiciones ambientales.....	37
2.5	Alcance.....	38
2.6	Breve descripción del proceso de extracción de concentrado de cobre para el proyecto ampliación a 120,000 tmpd.....	40
	2.6.1 Perforación y acarreo.....	41
	2.6.2 Trituración primera.....	42
	2.6.3 Proceso de trituración secundaria.....	45
	2.6.4 Proceso de trituración terciaria.....	47
	2.6.5 Proceso de molienda.....	47
	2.6.6 Proceso de flotación.....	48
	2.6.7 Proceso de espesamiento y filtrado.....	49
	2.6.8 Diagrama de flujo de proceso.....	51
2.7	Procedimiento de ejecución de proyecto.....	52

2.7.1	Responsabilidades.....	52
2.7.2	Inicio de proyecto.....	52
2.7.3	Captura de información del sitio.....	52
2.7.4	Información de partida.....	52
2.7.5	Etapa de ingeniería.....	53
2.7.6	Elaboración de entregables.....	53
2.7.7	Coordinación de actividades.....	54
2.7.8	Etapa de diseño.....	55
2.7.9	Control de la documentación.....	55
2.7.10	Etapa de procura.....	56
2.7.11	Inspección y expeditación.....	56
2.7.12	Tráfico y logística.....	57
2.7.13	Etapa de construcción.....	57
2.7.14	Apoyo a construcción.....	58

CAPITULO III.- TRANSPORTE DE MATERIAL.

3.1	Alimentadores de placa.....	60
3.2	Bandas transportadoras.....	63

CAPITULO IV.- TRITURACIÓN.

4.1	Edificio de trituración primaria.....	71
4.2	Edificio de trituración secundaria.....	76
4.3	Edificio de trituración terciaria.....	81

CAPITULO V.- MOLIENDA.

5.1	Edificio de molienda.....	88
-----	---------------------------	----

CAPÍTULO VI.- FLOTACIÓN.

6.1	Edificio de flotación y remolienda.....	99
6.2	Área de espesadores.....	107
6.3	Área de filtros.....	112

<u>CONCLUSIONES.....</u>	117
---------------------------------	-----

<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	119
---------------------------------	-----

INTRODUCCION.

Debido a la creciente alza de precios del cobre y de otros metales, la empresa Grupo México ha decidido invertir capital, en plantas nuevas y existentes para aumentar la producción, para poder seguir siendo una de las empresas más importantes en México, Perú y Estados Unidos, y uno de los principales productores de cobre en el mundo, además de la minería cuenta con dos divisiones que son transporte e infraestructura, desde su creación, hace más de 70 años, las empresas que han conformado Grupo México han mostrado un gran interés por la conservación del medio ambiente, por el desarrollo social y económico de las comunidades aledañas a su centro de operación.

Debido a esta alza de precios en el cobre Grupo México decide invertir en la mina Toque pala, al Sur de Perú, en el margen Oeste de la cordillera de Los Andes, aproximadamente a 35 km (22 millas) de la cresta de la cordillera Occidental, en Sudamérica, el proyecto para esta mina es realizar una expansión de 60,000 toneladas métricas por día a 120,000 toneladas métricas por día.

Estos trabajos pretenden aumentar la producción en un 200% generando mayores ganancias, además de realizar una mejora tecnológica en el proceso de transporte de material para reducir costos de operación y que sea un sistema amigable con el medio ambiente.

Este proyecto es realizado por Grupo México Servicios de Ingeniería (GMSI)

Servicios de ingeniería Grupo México se encuentra ubicada en Tlacotalpan y Tlaxcala en la colonia Roma México Distrito federal.

La planta de Toquepala opera con 60,000 toneladas métricas por día y el proyecto desarrollado es de ampliar la producción a 120,000 toneladas métricas por día, la problemática de cambiar la forma de alimentación a la planta existente ya que actualmente se transporta el material por medio de góndolas de ferrocarril, además de instalar la planta proyectada en un predio contiguo a la planta existente, la dificultad de instalar la planta proyectada en este predio son las

dimensiones y los niveles del predio, además de las limitantes de los equipos que por su construcción y especificaciones complicaba el ubicar la planta.

La problemática del transporte del material de la trituración primaria a la planta existente fue ubicando la trituradora primaria proyectada en un lugar estratégico cerca de donde los cargadores del mineral alimentan la trituración primaria y realizando un túnel de 2 kilómetros en el cerro para que una banda transportadora alimente una pila de almacenamiento de material que se encontrara cerca de la planta existente y de la proyectada, con esto se estaría eliminando el transporte por medio de ferrocarril en góndolas.

La problemática de las dimensiones y elevaciones del terreno fue solucionada realizando un arreglo general que para hacerlo se tuvo que realizar un análisis del terreno para aprovechar su conformación y con respecto a los equipos se tuvieron que realizar cálculos y análisis del equipo y del material a manejar para cumplir con las especificaciones y así ubicar estos de acuerdo al proceso y así tener una planta funcional.

En el presente informe en el primer capítulo hablo de la empresa Grupo Mexico Servicios de Ingeniería (GMSI) la cual da servicios de ingeniería de cualquier naturaleza, donde se localiza la empresa, se muestra el organigrama de la empresa, se dan a conocer los puestos del departamento mecánico y se dan a conocer las principales funciones y responsabilidades de cada puesto y mi papel que desempeño dentro de la empresa.

En el capítulo dos hablo de los conceptos relevantes para entender el caso práctico que se da en este informe el cual es la ampliación a 60000 toneladas métricas por día. Aquí doy a conocer los antecedentes del proyecto, el equipo empleado en el diseño de la planta de extracción de cobre, además de la descripción paso por paso del proceso de la extracción del concentrado de cobre y también se dan a conocer las técnicas empleadas para la ejecución del proyecto.

En el capítulo tres, cuatro cinco y seis se habla sobre los pasos y las recomendaciones para el diseño de la planta de extracción de cobre.

OBJETIVO.

Presentar un breve informe por escrito de la actividad profesional que he desarrollado en la Industria como ingeniero "A" y que vincula mis estudios profesionales a la actividad que desempeño. Para ello pretendo que a partir del análisis de un caso práctico como es presentar los aspectos más importantes sobre el diseño de una planta de extracción de cobre vistos a través de lo que desarrolla el departamento mecánico dentro de la empresa, plasme la experiencia profesional y que sirva como referencia real para futuras generaciones de ingeniería que estén interesadas en este trabajo.

CAPITULO I. - LA INDUSTRIA MINERA.

1.1.- LA EMPRESA Y LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.

GRUPO MÉXICO SERVICIOS DE INGENIERÍA, S.A. de C.V. (GMSI) es una empresa mexicana fundada en 1998 e integrante de Grupo México y conformada por un grupo de profesionales con más de 30 años de experiencia en proyectos tanto en México como en varios países de América Latina, cuyo objetivo principal es proveer servicios multidisciplinarios de ingeniería, procura, consultoría y administración de proyectos para proyectos de cualquier naturaleza, a clientes del sector público y privado.

Con más de 15 años de trayectoria, GMSI se especializa en brindar servicios de ingeniería para diferentes sectores industriales tales como el minero/metalúrgico, la refinación/petroquímica, líneas de conducción e infraestructura, entre muchos otros.

La flexibilidad de su organización y el conocimiento del mercado que mantiene su muy especializado equipo de trabajo, le permiten desarrollar una amplia variedad de proyectos, tanto en magnitud como en alcance.

1.2.-ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.

En la figura 1.1 se muestra el organigrama de la empresa donde se ve el orden jerárquico que tiene el departamento mecánico dentro de la empresa y mi papel como ingeniero tipo “A” dentro de la empresa.

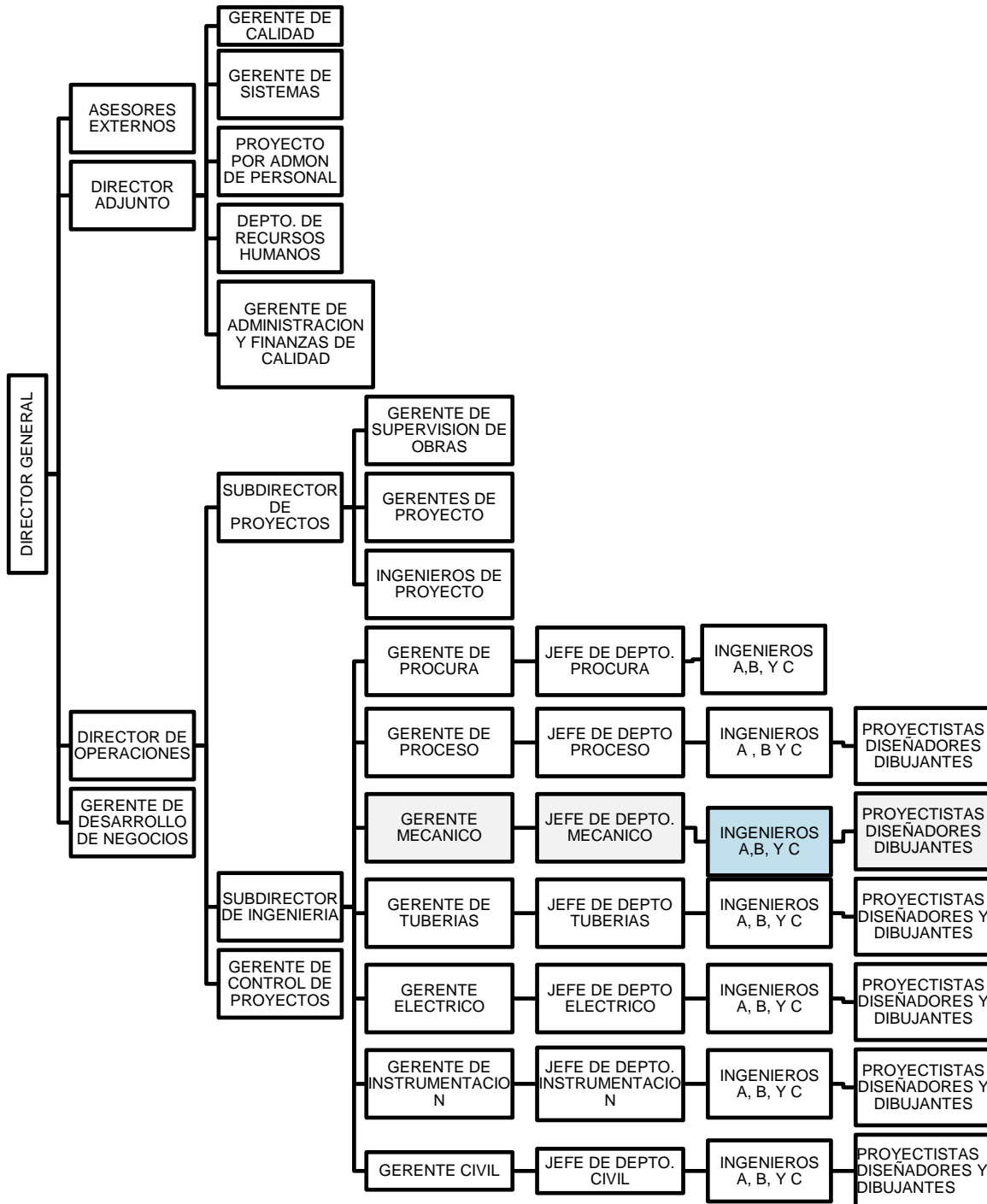


Fig. 1.1 Organigrama de Grupo México Servicios de Ingeniería (archivo personal GMSI)

1.3.-LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA.

La empresa se encuentra actualmente en la ciudad de México Distrito Federal en la colonia Ampliación Nápoles Delegación Benito Juárez Av. Insurgentes Sur 859 quinto piso.

1.4.-MISIÓN.

Ser una de las empresas líderes en la prestación de servicios multidisciplinarios de ingeniería, procura, consultoría y administración de proyectos, competitiva, rentable, con tecnología de vanguardia y con clientes y empleados satisfechos de los logros obtenidos.

1.5.-VISIÓN.

Ser la mejor empresa mexicana prestadora de servicios multidisciplinarios de ingeniería, procura, consultoría y administración de proyectos, con una ejecución de excelencia, innovadora y en constante mejora continua, con alta rentabilidad y precios competitivos, que sea capaz de aplicar las tecnologías que los clientes y los proyectos demanden, con clientes y empleados satisfechos de los logros obtenidos, con personal experimentado y motivado en constante crecimiento con la empresa y sus valores, desarrollando proyectos seguros con responsabilidad social y comprometida con el medio ambiente.

1.6.-POLÍTICA DE CALIDAD

El compromiso de Grupo México Servicios de Ingeniería, S.A. de C.V., es la de proveer la mejor calidad en nuestros servicios multidisciplinarios de ingeniería, procura, consultoría y administración de proyectos acordes a las especificaciones contractuales establecidas con nuestros clientes, por medio de:

- ✓ Implementar y mantener un Sistema de Gestión de la Calidad que mejore en forma continua y cuya efectividad sea factible de medir.
- ✓ Mejorar la satisfacción de nuestros clientes y el cumplimiento de sus requerimientos, así como los legales y reglamentarios aplicables, a través del uso constante y obligatorio de nuestros procedimientos e instructivos de trabajo.
- ✓ Ofrecer un valor agregado a nuestros clientes a través del compromiso de establecer un proceso de mejora continua y de enfoque al cliente.

1.7.-IMPACTO AMBIENTAL.

IMPACTO ECOLOGICO: Dada la característica del proceso minero que el de remover grandes cantidades de materiales, ello afecta al entorno al impactar sobre la geografía de la zona, por otro lado, la disposición de dichos materiales y la tecnología empleada muchas veces puede ocasionar un gran impacto en la zona lo que se controla con planes de monitoreo, evaluación constante y restauración paralela al proceso productivo.

1.8.-DEPARTAMENTO MECÁNICO.

El departamento mecánico tiene como función la elaboración de la ingeniería de los proyectos donde puede participar, dicha ingeniería se traduce en planos y documentos llamados entregables.

Para desarrollar cualquier proyecto debe hacerlo bajo los lineamientos que dicta el departamento de calidad, este proceso es el de ejecución de proyectos y nos ayuda a desarrollar el proyecto en varios pasos para concluir el proyecto en tiempo y forma.

El desarrollo de la ingeniería por el departamento mecánico se basa fundamentalmente en los equipos en el proyecto a realizar, el equipo mecánico tiene como responsabilidad el ubicarlos con todos sus periféricos para su correcto funcionamiento dentro del proceso, el de generar áreas para su operación y

mantenimiento , el de presentar los requerimientos para su instalación y fijación de estos, calcularlos para su correcta operación con respecto al proceso correspondiente, generar especificaciones que nos ayudan a indicarle al proveedor cuales son las características deseadas que se requieren del equipo para la operación dentro del proceso.

Para los equipos el departamento mecánico, realiza:

- ✓ Hojas de datos: en estas damos las características de los equipos que requerimos como son; capacidades del equipo, voltajes, materiales de construcción, dimensiones del equipo, nivel de instalación, temperatura y cuales equipos periféricos que debe llevar para su correcto funcionamiento.
- ✓ Listas de equipos; estas generalmente contienen todos los equipos del proyecto, sus características generales dimensiones voltajes, cantidades y proveedores.
- ✓ Planos; generalmente contienen la información, que nos puede mostrar un panorama general de la planta o también puede contener información de construcción de algún equipo o todo lo necesario para su correcta instalación.
- ✓ Memorias de cálculo: estas generalmente se realizan para hacer una preselección del equipo, esto nos ayuda para la realización de nuestros planos, porque la información de los proveedores regularmente llega después de iniciado el proyecto.
- ✓ Especificaciones del equipo; las especificaciones de equipos sirven para darle al proveedor los lineamientos sobre los cuales queremos que nuestro equipo funcione estos lineamientos son, condiciones de operación, los materiales de construcción del equipo para poder operar en las condiciones requeridas, voltajes en los cuales se trabajara, normas y estándares establecidos que dan la confiabilidad que este equipo trabajara bajo las condiciones de diseño y seguridad,

1.9.-RESPONSABILIDADES.

Las responsabilidades del equipo mecánico son las de desarrollar los entregables bajo estándares establecidos para el diseño, instalación, mantenimiento y construcción de los equipos que componen el proyecto a desarrollar.

Una de las responsabilidades del departamento mecánico, es la de mostrar en sus planos la información suficiente para la correcta instalación de los equipos, para su correcto funcionamiento de los equipos se debe considerar algunos aspectos importantes como son:

- **Para la instalación de los equipos.**

Para la instalación de los equipos se muestran la ubicación y orientación, las plataformas que requiere para su funcionamiento, donde se fijara (cimentaciones o estructuras), anclajes para su fijación y de igual manera para todos los periféricos con los cuales el equipo funciona, a continuación, se muestra en la figura 1.2 parte de un plano donde se está ubicando una trituradora secundaria, además muestra la ubicación de sus barrenos de anclaje con respecto a los ejes del edificio.

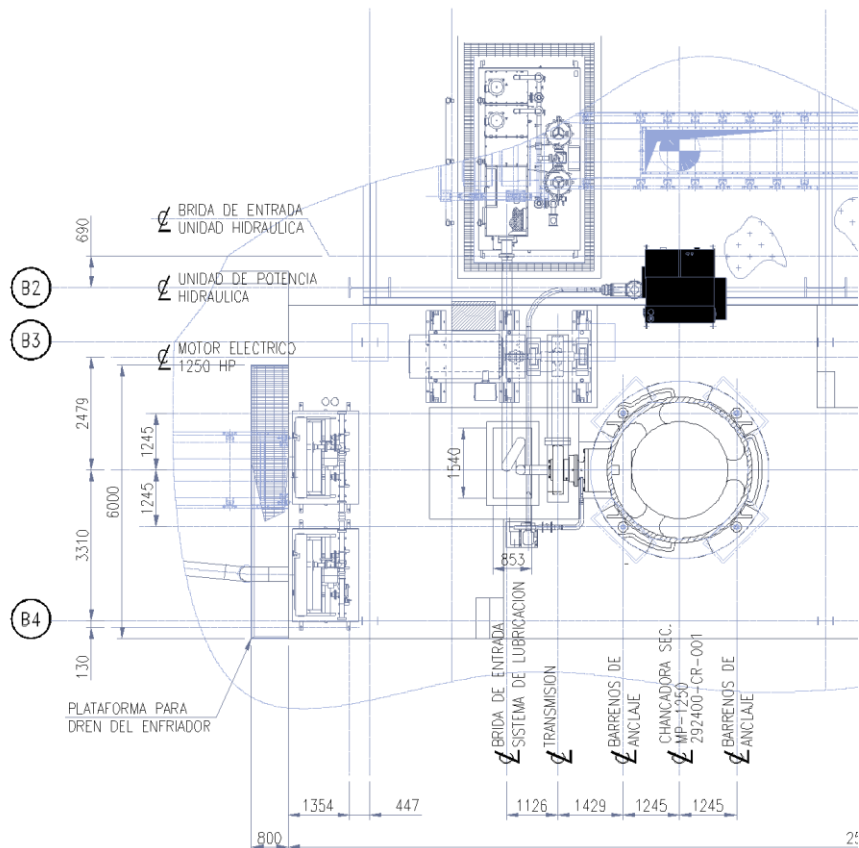


Fig. 1.2 Ubicación de trituradora secundaria (archivo personal)

- **Mantenimiento de los equipos.**

Para el mantenimiento se muestran espacios suficientes para remover en partes o completo el equipo, además se muestran elementos para poder retirarlo, como son grúas polipastos, también se muestran las plataformas que sirven para poder realizar el mantenimiento.

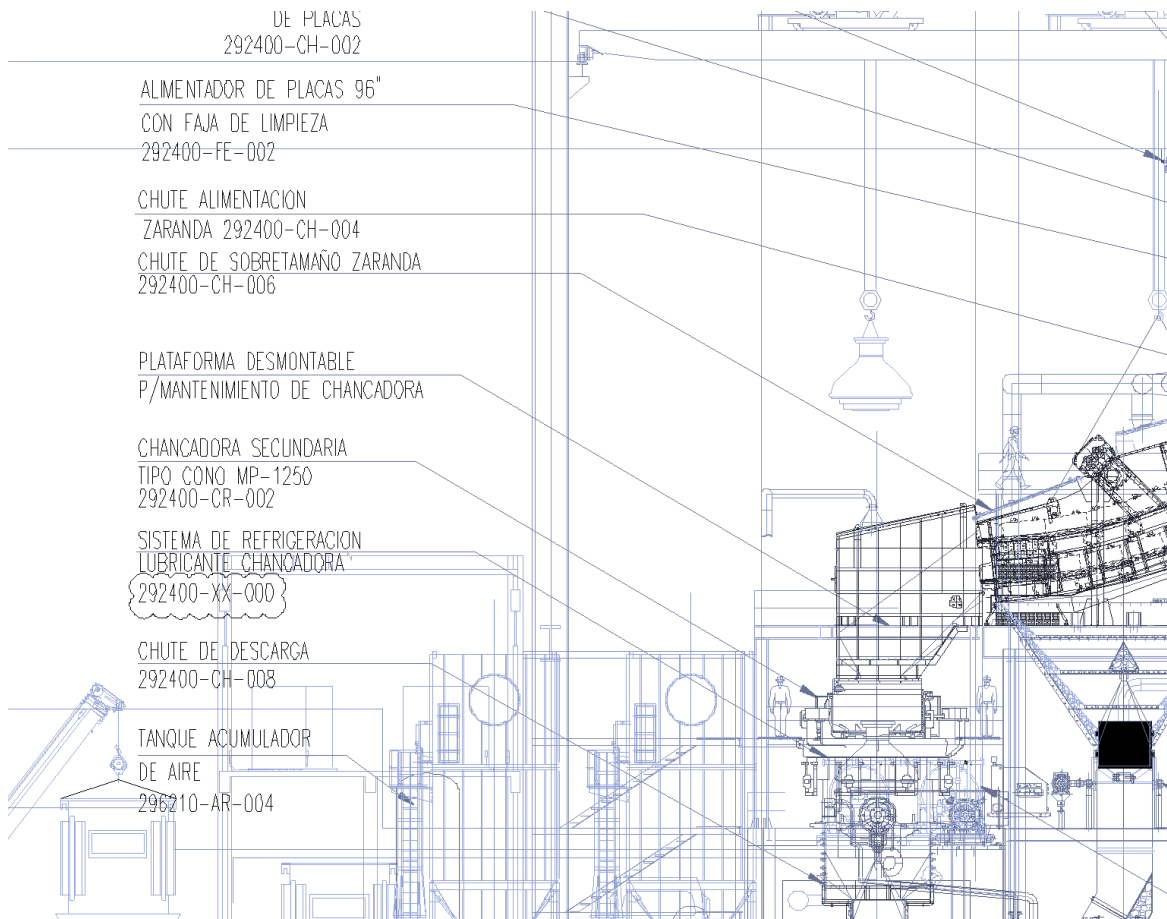


Fig. 1.3 Área de mantenimiento de trituradora secundaria (archivo personal)

- **Operación.**

Se muestran plataformas y áreas de servicio donde el trabajador pueda operar la maquinaria sin correr riesgos y pueda trabajar con un buen rendimiento.

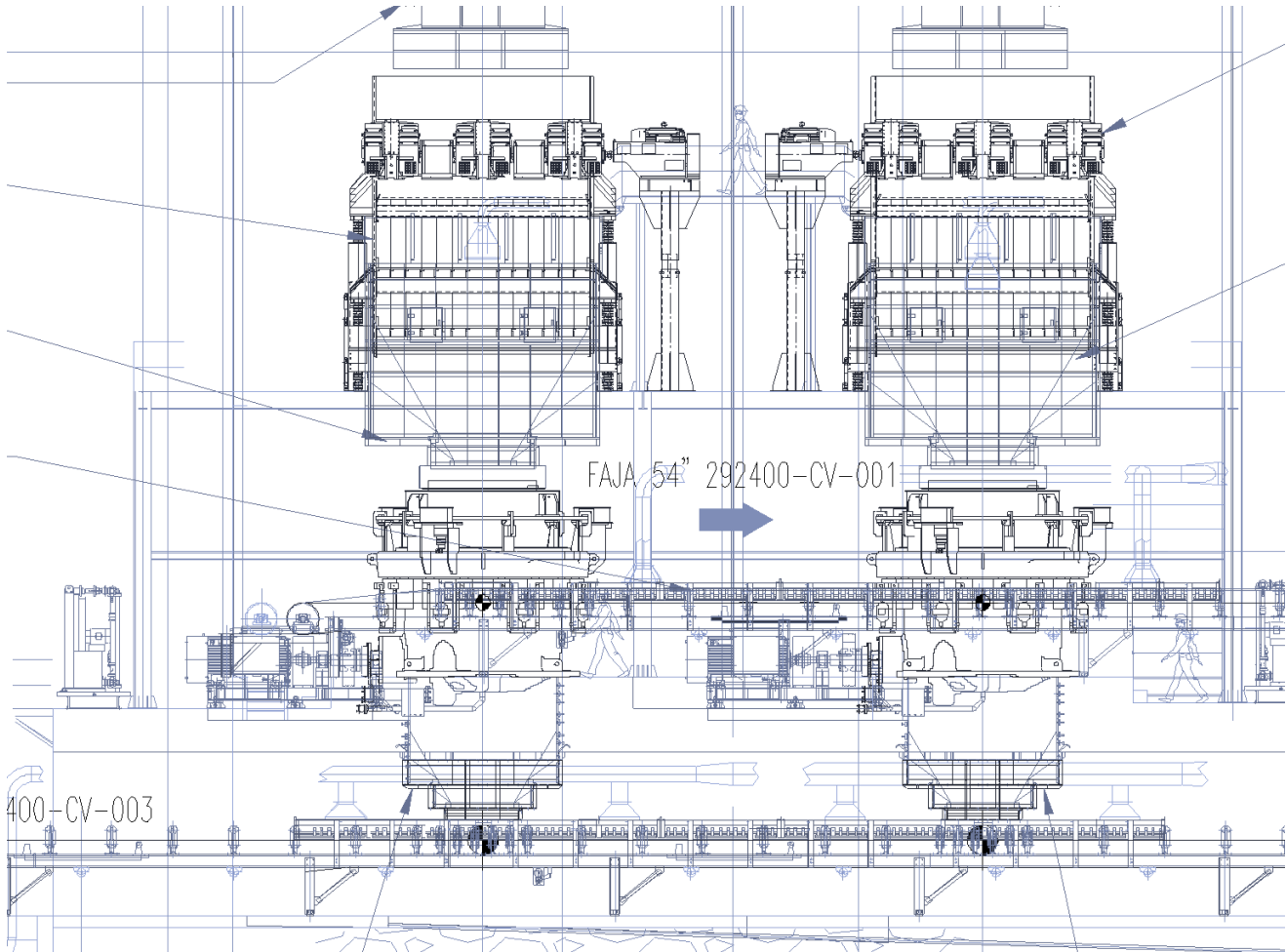


Fig. 1.4 Plataformas de operación accesos y áreas de mantenimiento de trituradora secundaria (archivo personal)

1.10.-Organigramadel departamento mecánico.

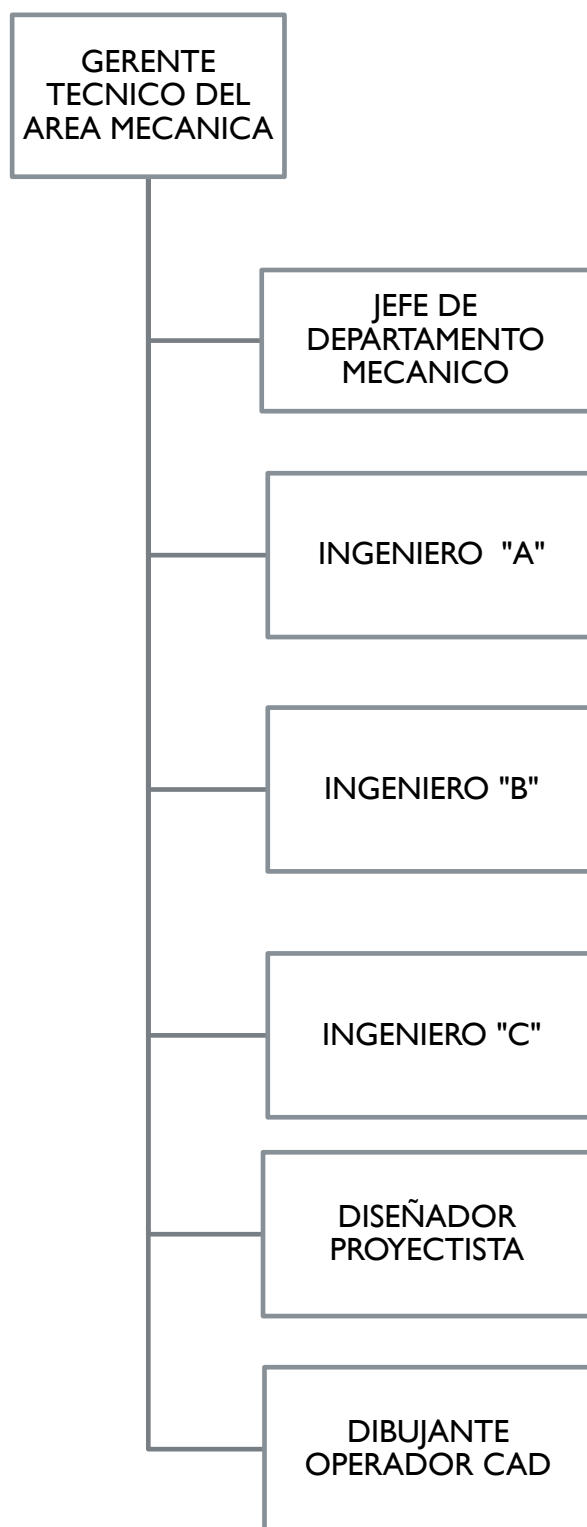


Fig. 1.5 Organigrama del departamento mecánico (archivo personal GMSI)

1.11.-PRINCIPALES FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE CADA PUESTO DEL ÁREA MECÁNICA.

- **Gerente de departamento mecánico.**

Responsable del buen desarrollo del personal de su gerencia para lo cual programa, organiza, dirige y controla las actividades de su área. Sus principales actividades están enfocadas al soporte técnico del personal en los proyectos así como la administración de los recursos de su gerencia, establece criterios y directrices adecuados para la solución de proyectos, difunde la tecnología adecuada a su especialidad y obtiene su aprobación, supervisa, aprueba e interviene directamente en aspectos prioritarios a solicitud de los gerentes de proyecto, efectúa verificaciones técnicas a los proyectos en desarrollo, dando seguimiento para su cierre.

- **Jefe de grupo.**

Responsable directo, ante el gerente de departamento de su disciplina de la calidad y eficiencia del trabajo técnico de su especialidad, así como del control administrativo de su grupo, dentro de sus principales actividades están enfocadas al desarrollo del proyecto, define criterios de diseño para la realización de su trabajo en conjunto con el gerente de departamento, conoce y aplica los procedimientos del manual de calidad, el manual de procedimientos del proyecto y se apegas al plan de ejecución del proyecto, realiza chequeo cruzado a todos los documentos con referencia a su especialidad generados por otras disciplinas, aplica y es responsable de que el personal a su cargo aplique la totalidad de procedimientos de la empresa, incluidos en el plan de calidad del proyecto.

- **Ingeniero “A”.**

Responsable de desarrollar cálculos y diseños complejos de todas las actividades concernientes a su disciplina asegurando la calidad de los mismos de acuerdo a normas y procedimientos, desarrolla estimaciones de materiales y equipos, elabora especificaciones, analiza técnicamente las ofertas de los proveedores y prepara tablas comparativas técnicas, efectúa revisión de documentos, realiza cubicaciones, realiza cualquier actividad inherente a su disciplina.

- **Ingeniero “B”.**

Responsable de desarrollar cálculos y diseños de complejidad media de todas las actividades concernientes a su disciplina en el proyecto asignado, elabora memorias de cálculo, colabora en la preparación de estimaciones de materiales y equipos, auxilia en la preparación de especificaciones, auxilia en la revisión de documento y dibujos de proveedores, realiza cualquier otra actividad acorde e inherente a su puesto que le sea asignada.

- **Ingeniero “C”.**

Responsable de desarrollar cálculos y diseños con un grado de complejidad bajo, realiza cubicaciones de materiales, obtiene listas de materiales, realiza cualquier otra actividad acorde e inherente a su puesto que le sea asignada.

- **Diseñador proyectista.**

Desarrolla el trabajo de diseño con mínima supervisión, prepara estudios preliminares, arreglos y dibujos finales. Puede coordinar y supervisar un pequeño grupo de dibujantes, revisa diseños moderadamente complejos, asegura la edición en tiempo de los dibujos y otras informaciones necesaria para requisiciones de materiales, elabora listas de materiales y volúmenes de obra.

- **Dibujante operador cad.**

Elabora en computadora todo tipo de planos de su disciplina, preparando el arreglo y composición de los mismos de acuerdo a los procedimientos de dibujo de la empresa, maneja los programas generales para dibujo para la elaboración de planos por computadora, elabora listas de materiales y volúmenes de obra con la supervisión de un ingeniero, saca copias, archiva información técnica del proyecto y ayuda para la edición de documentos.

CAPITULO II.- CONCEPTOS GENERALES

2.1-TRITURACIÓN

La trituración es la reducción del tamaño del mineral por diferentes métodos de reducción mecánica por: impacto, presión, compresión, corte, impacto y frotación.

La reducción de tamaño de minerales se realiza normalmente para liberar los minerales de valor desde la roca donde están depositados. Esto significa que debemos lograr un tamaño de liberación.

En la tabla 2.1 se muestran los diferentes equipos usados en la minería, para la trituración de material y los diferentes métodos de reducción que utiliza cada uno de estos.









TRITURADORA	COMPRESION	IMPACTO	DESGASTE	CORTE
GIRATORIA				
QUIJADA				
IMPACTO HORIZONTAL				
CONO				
RODILLOS				

Tabla 2.1 Equipos y sus métodos de trituración. (Crushing and Screening Handbook de METSO)

Trituradora giratoria.

Las trituradoras giratorias generalmente son usadas: en la primera etapa de trituración, donde se manejan grandes tonelajes, por su capacidad de carga y descarga, ya que la boca de carga y descarga son de dimensiones mayores que las de otros equipos. Esta trituradora trabaja por el método de compresión como lo muestra la tabla 2.1

Esta trituradora puede trabajar con rocas de un tamaño máximo de 1.5 metros y con capacidades de 3300 tmph (toneladas métricas por hora)

Estas trituradoras son instaladas en grandes edificaciones por sus dimensiones y sus equipos periféricos que requiere.



Fig. 2.1 Trituradora primaria (cortesía de FL SMIDT)

Trituradora de quijada.

Las trituradoras de quijada son usadas en la primera etapa de trituración para tonelajes y capacidades menores a los de la trituradora giratoria, la limitante de esta es el tamaño de la boca de carga y descarga. Esta trituradora de igual manera que la giratoria trabaja por el método de compresión, como lo muestra la tabla 2.1

Esta trituradora trabaja un tamaño máximo de roca de 1.2 metros de diámetro y una capacidad de 1200 tmph.

Generalmente estas trituradoras se usan en interiores de mina (en túneles o cavernas) por su tamaño.



Fig. 2.2. Trituradora de quijadas (cortesía de FL SMIDTH)

Trituradora de impacto horizontal

Estas trituradoras generalmente se usan para la trituración secundaria, por la ventaja de tener un gran índice de reducción y su limitación es que solo puede triturar materiales suaves o de dureza baja. Este tipo de trituradoras trabajan como lo dice su nombre por el método de impacto.

Se utilizan en la trituración secundaria por la capacidad con respecto al tamaño del mineral y al flujo de material. El tamaño máximo de material que puede recibir es de 200mm y tiene una capacidad de 550 tmph.



Fig. 2.3. Trituradora de impacto. (Cortesía de METSO)

Trituradora de cono.

Esta trituradora se emplea generalmente para trituración secundaria y trituración terciaria, debido a la capacidad y tamaño de mineral que manejan comparado al de las trituradoras primarias. Las ventajas que presentan estas trituradoras son; la gran abertura de la boca de entrada, el tamaño de salida es mayor con respecto al de otras trituradoras, además se puede ajustar la apertura del material y la descarga del material cuando el equipo está trabajando.

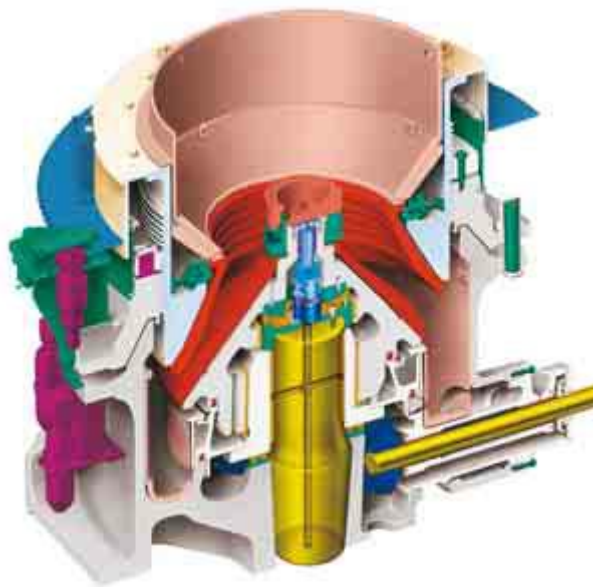


Fig. 2.4. Se muestra corte de una trituradora de cono, la parte coloreada en rojo es donde se lleva a cabo la trituración del mineral (Crushing and Screening Handbook de METSO)

Trituradora de rodillos (hpgr).

Este tipo de trituradoras generalmente se usan para una trituración secundaria y terciaria, debido a la capacidad y tamaño de mineral que manejan.

El HPGR consta de dos rodillos que giran en direcciones opuestas y que descansan en un sistema de rodamientos sobre un marco. La presión es aplicada solo de uno de los rodillos mediante un sistema hidroneumático mientras que el otro se mantiene en una posición fija dentro del marco. El marco del rodillo libre, sobre el cual se aplica la presión, desliza sobre una superficie de teflón y su movimiento está gobernado por las fuerzas que actuando tanto desde la superficie del mineral como del sistema de aplicación de presión. La alimentación se realiza por medio de un chute ubicado en la parte superior de los rodillos, que asegura una alimentación continua en la zona de molienda.



Fig.2.5 Trituradora HPGR (Imagen de catálogo de productos POLYCOM)

2.2.-MOLIENDA.

La molienda es una operación de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. Los productos salidos de la molienda son pequeños y de forma regular en comparación con los que los salen de la trituración. El método mecánico de trabajar de los molinos es por impacto y desgaste

Se utiliza fundamentalmente en la fabricación de cemento portland y en la concentración de minerales ferrosos y no ferrosos. En cada uno de estos casos, se procesan en el mundo alrededor de 2000 millones de toneladas por año.

Se llaman molinos a las maquinas donde se produce la operación de molienda. Existen varios tipos de molinos:

- De rulos y muelas
- De discos
- Molino de barras
- Molino de bolas

Los de rulos y muelas consisten en una mista similar a un recipiente de tipo balde, y un par de ruedas (muelas) que ruedan por la pista aplastando al material. Este tipo de molinos ha ido evolucionando hacia el molino que hoy conocemos como el de rodillos.

Los más utilizados en el ámbito industrial son los de bolas y barras.

Tipos de Molienda: Molienda Húmeda y seca.

La molienda se puede hacer a materiales secos o a suspensiones de sólidos en líquido (agua), el cual sería el caso de la molienda Húmeda. Es habitual que la molienda sea seca en la fabricación del cemento Portland y que sea húmeda en la preparación de minerales para concentración

MOLIENDA HUMEDA	MOLIENDA SECA
Requiere menos potencia por tonelada tratada	Requiere más potencia por tonelada tratada
No requiere equipos adicionales para tratamiento de polvo	Requiere equipos adicionales para tratamiento de polvo
Consume más revestimiento (por corrosión)	Consume menos revestimiento

Tabla 2.1 Comparación entre molienda húmeda y seca. (Crushing and Screening Handbook de METSO)

Molino de barras (rodmill).

El molino de Barras está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior cuenta con barras (dispuestas a lo largo del eje) cilíndricas sueltas, de longitud aproximadamente igual a la del cuerpo del molino. Éste, gira gracias a que posee una corona, la cual está acoplada a un piñón que se acciona por un motor generalmente eléctrico.

Las barras se elevan, rodando por las paredes del cilindro hasta una cierta altura, y luego caen efectuando un movimiento que se denomina “de cascada”. La rotura del material que se encuentra en el interior del cuerpo del cilindro y en contacto con las barras, se produce por frotamiento entre barras y superficie del cilindro, o entre barras, y por percusión como consecuencia de la caída de las barras desde cierta altura.

Molino de bolas (ballmill).

El molino de Bolas, análogamente al de Barras, está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. El cuerpo gira merced al accionamiento de un motor, el cual mueve un piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico.

Las bolas se mueven haciendo el efecto “de cascada”, rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión. El material a moler ingresa por un extremo y sale por el opuesto. Existen dos formas de descarga: por rebalse (se utiliza para molienda húmeda) y por diafragma (se utiliza para molienda húmeda y seca). En la siguiente figura se muestra un molino de bolas.



Fig. 2.6 Molinos de bolas (imagen archivo personal de GMSI)

2.3.-ESPESAMIENTO Y FILTRADO.

El proceso de espesamiento y filtrado se usan para separar el agua de los sólidos. En primer lugar, se encuentran los espesadores que son tanques cilíndricos con fondo cónico para facilitar la descarga de la pulpa. Los espesadores trabajan por medio de la sedimentación, esto es el asentamiento de partículas sólidos en un medio fluido, bajo la fuerza de la gravedad, centrífuga, magnética o eléctrica, pero generalmente los espesadores usados en minería trabajan con la fuerza de gravedad y floculantes que ayudan a los sólidos a sedimentarse a una velocidad mayor ya que este proceso es continuo. Los espesadores están equipados con rastras que giran a una velocidad baja y empujan el concentrado hacia la descarga. En tanto el agua se desborda de las paredes del espesador para entrar a una canaleta que se encuentra en toda la periferia del cuerpo cilíndrico del espesador, esta canaleta tiene una descarga que conduce el agua recuperada a una tubería que lleva a unas piletas de sedimentación esta agua para recuperar lo que no alcanza a sedimentarse. En la siguiente figura se muestra



Fig. 2.7 Espesador de concentrado (imagen de archivo personal de GMSI)



Fig. 2.8 Espesador de concentrado (imagen de archivo personal de GMSI)

Filtrado.

Después de quitar el exceso de agua con el espesador la pulpa a un 50 a 60% de solidos es bombeada a un tanque donde es agitada para homogeneizar la mezcla, una vez que cumple con un tiempo de residencia en este tanque es bombeada a los filtros para quitar el agua restante.

Hay filtros de varios tipos filtros verticales, horizontales de tambor etcétera, estos filtros generalmente trabajan con presión neumática, hidráulica o mecánica. Al entrar la pulpa a estos filtros, se encuentran con telas o mallas que retienen el concentrado y dejan pasar el agua y esto se hace aplicando presión a las telas o mallas para liberar el agua.

Una vez que ya cumplió el ciclo de prensado el material es liberado y cae por un chute que los guía a un transportador que va a un almacén. A continuación, se presentan algunas figuras con distintos tipos de filtros



Fig. 2.9 Filtro de tambor (archivo personal de GMSI)



Fig. 2.10. Filtro vertical marca larox (archivo personal de GMSI)



Fig. 2.11. Filtro horizontal (archivo personal de GMSI)

2.4.-ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

Para el desarrollo del proyecto a la disciplina mecánica se nos proporcionó la información necesaria para poder desarrollar el proyecto bajo los requerimientos del cliente esta información comprende las condiciones generales del sitio, criterios de diseño para los equipos, criterio de diseño de manejo de materiales, además de una ingeniería básica.

De igual manera como se nos proporcionó información a la disciplina mecánica también se hizo entrega de información a las diferentes áreas que tuvieron participación en el proyecto como son; el área de proceso, civil, movimiento de tierras, tuberías, instrumentación y eléctrica.

2.4.1. Condiciones del sitio.

Las condiciones generales del sitio son muy importantes para el diseño porque con estas sabemos que requerimientos deben de cumplir los equipos, como son: si son ambientes húmedos o secos sabemos si el equipo debe estar protegido para la corrosión, el funcionamiento de los motores eléctricos y de combustión se comportan de manera diferente respecto a la altura sobre el nivel del mar, también es necesario saber de las condiciones ambientales predominantes que se presentan en todo el año para poder elegir recubrimientos para los equipos o algunos otros accesorio para que los equipos puedan tener una buena eficiencia.

2.4.2 Localización.

El proyecto está localizado en la mina Toquepala, al Sur de Perú, en el margen Oeste de la cordillera de Los Andes, aproximadamente a 35 km (22 mi) de la cresta de la cordillera Occidental, en Sudamérica. Las coordenadas geográficas de la ubicación del proyecto son: Latitud 17°15' Sur y Longitud 70°35' Oeste, aproximadamente y una altitud de 3,220 msnm (10,564 f.a.s.l).

2.4.3 Ubicación.

La mina Toquepala está ubicada en el distrito de Llabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna, en Perú, a 70 km del cruce de Camiara en el km 1,211 de la carretera Panamericana Sur. (Ver figura 2.13)

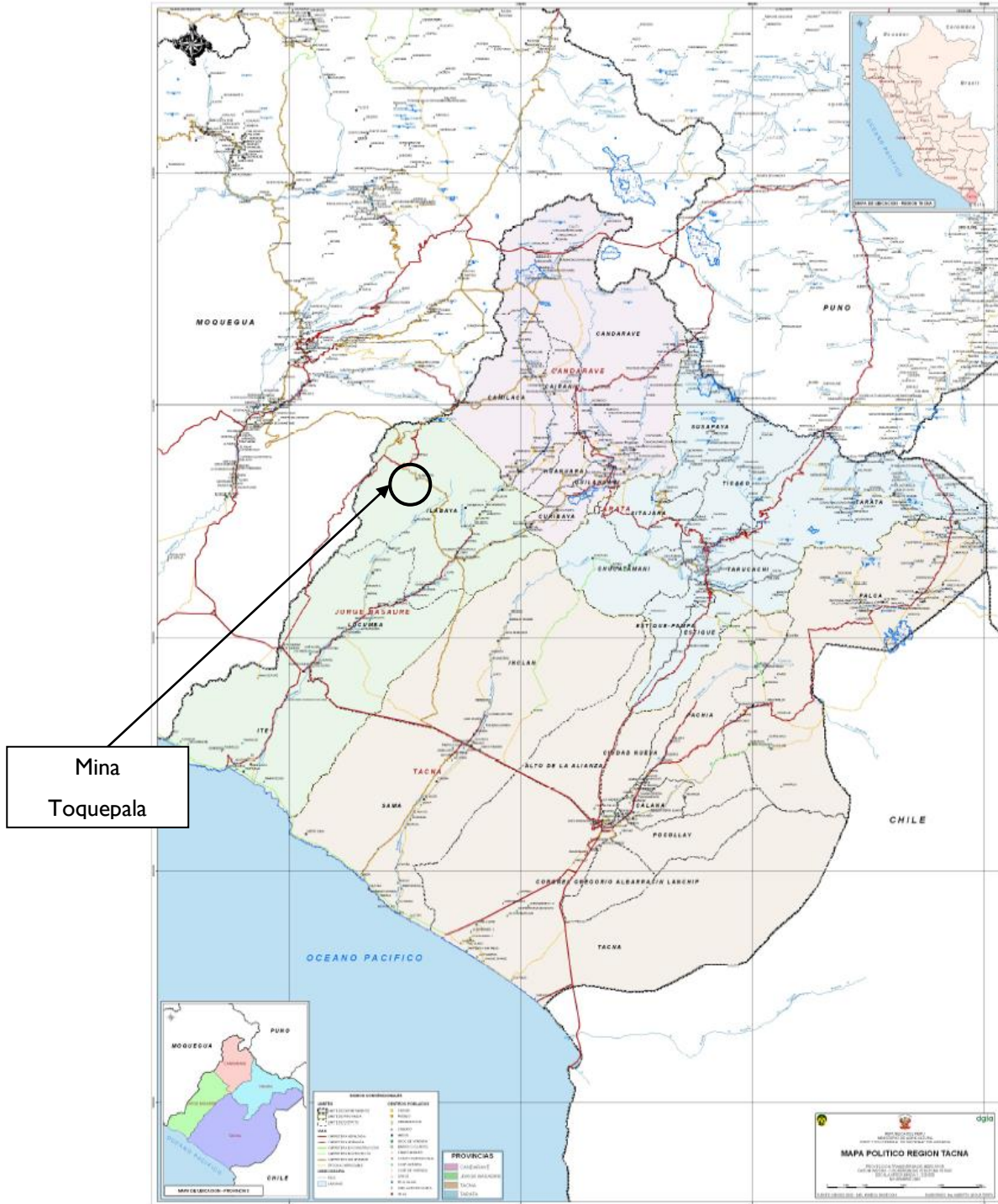


Fig. 2.12. Mapa político de Tacna (archivo personal GMSI)

2.4.4 Condiciones ambientales

Condiciones ambientales	
Altura Sobre el Nivel del Mar	3,220 m
Temperatura Ambiental del Aire	
Máxima de verano	24 °C
Media	12 °C
Mínima de invierno	-4 °C
Humedad Relativa	
Máxima	100 %
Media	44 %
Mínima	14 %
Precipitaciones	
Media Anual (Dic – Mar)	89 mm
Máxima en 24 horas.	20.7 mm
Máxima Mensual (en 10 años)	105 mm
Presión Barométrica	
Media	0.69 b

Tabla 2.3 Condiciones ambientales de la mina Toquepala Perú (información de archivo GMSI)

2.5 ALCANCE.

El alcance del proyecto es una parte muy importante porque aquí es donde se define los trabajos a realizar por parte de Grupo México Servicios de Ingeniería, aunque este alcance está reflejado en la ingeniería básica lo tenemos que tener presente a la hora de estar revisando la ingeniería básica y a lo largo del proyecto.

Para la disciplina mecánica el alcance que se tuvo que realizar fue el siguiente:

- ✓ Elaboración de layout de la planta y sus secciones. (arreglo general de la planta)
- ✓ Diseño de edificio de trituración primaria: el edificio deberá contener una tolva de alimentación, diseñado para contener y soportar este una trituradora giratoria de 6.2 metros de diámetro y una altura de 9 metros y a su descarga de esta un alimentador de banda, además de los equipos periféricos para su correcto funcionamiento. Para este edificio se presentaron arreglos generales y planos de detalle para ser emitido para construcción.
- ✓ Transporte de material de trituración primaria a pila de intermedios (diseño, cálculo de bandas transportadoras de 72" de ancho y dos kilómetros de longitud)
- ✓ Pila de almacenamiento de intermedios: almacena 166,257 toneladas métricas totales y descarga a los alimentadores de placa y estos a su vez descargan a dos bandas transportadoras una de esta descarga en las tolvas del edificio de trituración secundaria proyectada y la otra banda alimenta la pila de almacenamiento de trituración secundaria existente
- ✓ Transporte de material de pila de almacenamiento a trituración secundaria existente y a trituración secundaria proyectada (transporte por medio de bandas transportadoras una de 72" de ancho y otra de 60" de ancho)
- ✓ Edificio de trituración secundaria: Este edificio contiene una tolva de regulación con una capacidad de 2001 toneladas métricas con dos bocas de descarga, cada una de estas alimenta a una criba vibratoria para separar grueso y finos; los gruesos se descargan a dos trituradoras secundarias de cono de 4 metros de diámetro por 5 metros de altura para reducir el tamaño del material a un tamaño máximo de 1" de diámetro y se recircula a las tolvas y el material fino se transporta a la pila de finos.
- ✓ Transporte de material a pila de finos (transporte por medio una banda transportadora de banda de 72" de ancho)
- ✓ Edificio de pila de finos: pila de almacenamiento de 78,250 toneladas métricas y descarga a dos alimentadores de banda)

- ✓ Transporte de materiales a trituración terciaria (alimentadores de banda de 60")
- ✓ Edificio de trituración terciaria: este edificio está diseñado para contener trituradora hpgr 24' x 17', además de sus equipos periféricos para su correcto funcionamiento, por medio de un chute se alimenta a la trituradora hpgr con material de tamaño máximo de 1" de diámetro y es triturado hasta alcanzar un tamaño máximo de ¼" de diámetro
- ✓ Transporte de material a la concentradora: transporte por medio de una banda transportadora de 72" de ancho
- ✓ Edificio de la concentradora (proceso húmedo): en este edificio el material que llega es cribado (cribas tipo banana 4x7 metros), los gruesos se recirculan a trituración terciaria y los finos ya mezclados con agua son conducidos a un cajón de bombeo, las bombas de este cajón bombean la pulpa a los ciclones donde es clasificado el material, el material grueso es conducido a los molinos de bolas de 7.3m de diámetro y 12 m de longitud, para reducir su tamaño a 180 micrones y el material fino pasa al proceso de separación de materiales (cobre, zinc, hierro), dicho proceso se hace un sistema de celdas de flotación, ya terminado este proceso se manda el producto a los espesadores de concentrado
- ✓ Espesadores de concentrado: en los espesadores se separa el agua del concentrado y se manda a unos filtros para eliminar toda el agua. (el agua se recupera para usarla nuevamente en el proceso)
- ✓ Espesadores de relaves; en este espesador se separa el agua del material que ya no tiene valor (este material se utiliza en rellenos y el agua recuperada vuelve al proceso)
- ✓ Tanques atmosféricos de agua fresca, agua recuperada y contra incendio
- ✓ Casa de bombas: edificio que aloja las bombas que llevan el agua fresca y de proceso para toda la planta
- ✓ Colección de polvo de todas las áreas.

2.6.-BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE PARA EL PROYECTO AMPLIACIÓN A 120,000 TMPD.

En la mina de Toquepala Perú actualmente se extraen 60,000 toneladas métricas de concentrado de cobre, la meta propuesta para Grupo México es ampliar la producción a 120,000tmpd (toneladas métricas por día).

Para la extracción de concentrado de cobre cuenta con cinco procesos importantes:

- Transporte de material
- Trituración
- Molienda
- Flotación
- Espesamiento y filtrado

2.6.1 Perforación y acarreo

El proceso de extracción de concentrado de cobre comienza en la mina a tajo abierto con la voladura; por medio de dinamita generan trozos de material de aproximadamente 2 metros de diámetro los de mayor tamaño. Estos trozos son transportados por medio de volquetes al edificio donde se encuentra la trituradora primaria.



Fig. 2.13. Volquete descargando material a la trituradora primaria (archivo personal de GMSI)

2.6.2 Trituración primaria.

Una vez que llegan los volquetes al edificio de trituración primaria el mineral es vaciado a una tolva de concreto de gran capacidad, en el fondo de esta tolva de concreto donde es dirigido el material se encuentra la boca de la trituradora giratoria, una vez que entra el material dentro de la trituradora el material es reducido a un tamaño máximo de 8" de diámetro. La descarga de la trituradora primaria es recibida por un chute que dirige el material a una banda transportadora llamada de sacrificio que descarga a otra para llevar el material a la pila de almacenamiento (stock pile).

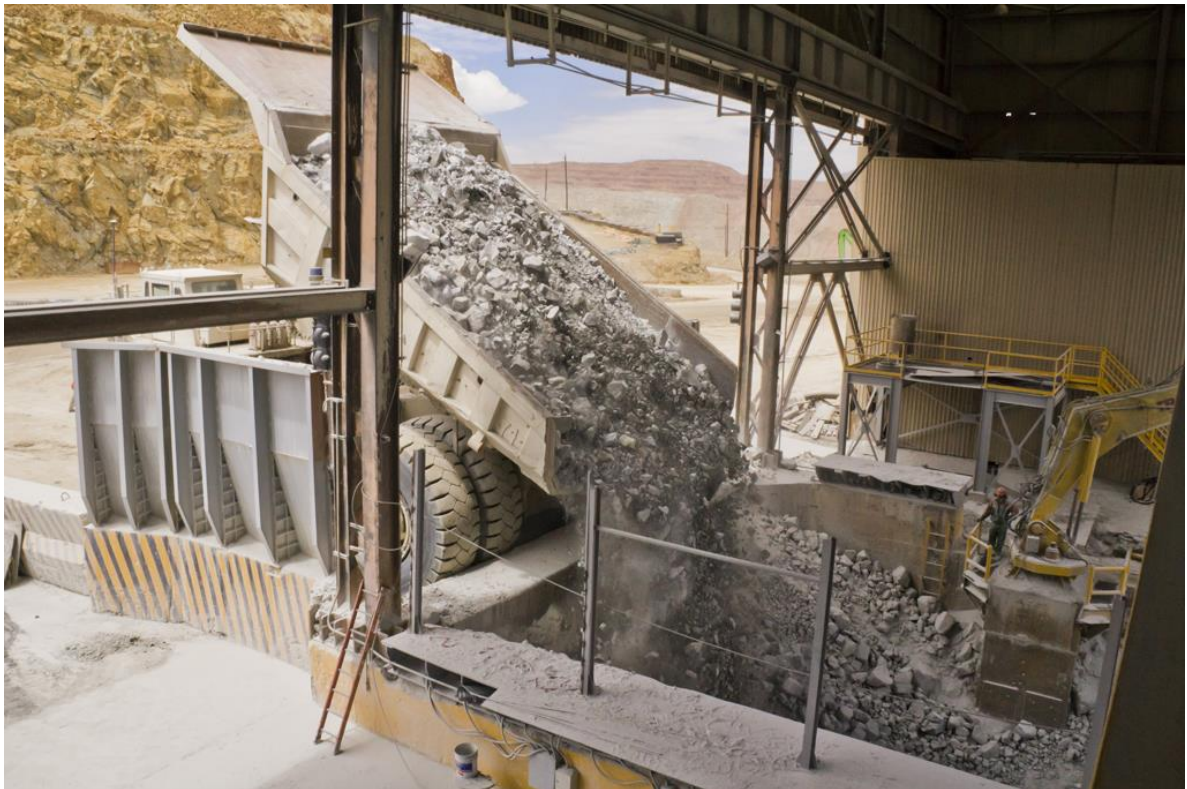


Fig. 2.14. Muestra a volquete descargando a tolva de trituradora primaria (archivo personal de GMSI)



Fig. 2.15. Vista superior de quebradora giratoria con su tolva donde descargan los volquetes y su picador de roca para partir rocas que exceden el tamaño (archivo personal de GMSI)

Las bandas transportadoras que reciben el material a la salida de la trituradora primaria, lo transportan a la pila de almacenamiento.

La pila de almacenamiento (ver figura) tiene como objetivo almacenar material por si se tuviera un paro imprevisto en los equipos mencionados anteriormente, también tiene como objetivo alimentar la planta existente como la ampliación.

En la base de la pila de almacenamiento se encuentran distribuidos unos huecos, estos huecos están conectados a unos chutes que descargan en unos alimentadores de placa.



Fig. 2.16. Pila de almacenamiento de mineral, debajo de esta se encuentran los alimentadores de banda o placa que reclaman el material (archivo personal de GMSI)



Fig. 2.17. Alimentador de placas con su chute de descarga que se conecta a la boca de descarga de la pila (Crushing and Screening Handbook de METSO)

Los alimentadores se encargan de alimentar a dos bandas transportadoras con la cantidad de material requerido para las siguientes operaciones.

Una de estas bandas dirige el mineral a la pila de almacenamiento de la planta existente.

La otra banda transporta el material al edificio de trituración secundaria proyectado.

2.6.3 Proceso de trituración secundaria.

La descarga del transportador que llega al edificio de trituración secundaria es dirigida por medio de un chute, a un transportador móvil que se encarga de distribuir el mineral en una tolva de alimentación, esta tolva alimenta a dos alimentadores de placa, estos alimentadores descargan el mineral a dos cribas vibratorias las cuales tienen como objetivo separar el mineral grueso del fino. El objetivo de la separar el fino del grueso es dar una mayor eficiencia a las trituradoras secundarias, esto se logra desviando el material fino a la siguiente parte del proceso, entrando solamente el material grueso a las trituradoras.

El material fino es dirigido por medio de un chute a una banda que lleva el material a la pila de almacenamiento de la trituración terciaria, en tanto el material grueso es descargado por medio de un chute a dos trituradoras de cono para reducir el tamaño del mineral, una vez que el material sale de las trituradoras es descargado en un transportador reversible, este puede descargar a la banda que se dirige a la pila de almacenamiento de trituración terciaria (circuito abierto) o puede descargar a un sistema de transportadores que recircula la carga al transportador que llega al edificio de trituración secundaria (circuito cerrado) para pasar por el proceso de trituración secundaria nuevamente.



Fig. 2.18. Vista de edificio de trituración secundaria, se muestra la descarga del transportador a un chute y esta descarga a la trituradora secundaria de cono (Crushing and Screening Handbook de METSO)

El material que sale de las trituradoras secundarias ya tiene un tamaño máximo de 1" de diámetro, y es transportado al edificio de trituración terciaria por medio de un transportador de banda, esta descarga el material a la pila de almacenamiento de trituración terciaria.

2.6.4 Proceso de trituración terciaria

La pila de almacenamiento de trituración terciaria tiene como fin almacenar material por si existe un paro imprevisto en los equipos anteriores a este y la producción no pare, la pila de almacenamiento también sirve para dar mantenimiento menor a los equipos anteriores a este punto del proceso. En la base de esta pila de almacenamiento hay dos huecos por los cuales es descargado el mineral con tamaño de una pulgada, este material es dirigido por medio de dos chutes a un alimentador de banda que descarga el material por medio de chutes a dos trituradoras de rodillo conocidas por sus siglas en ingles HPGR (high pressure regrindin rollers), estas trituradoras terciaria su objetivo es reducir el tamaño de material a un máximo de media pulgada de diámetro. El material descargado de las trituradoras terciarias es descargado a una banda transportadora esta lleva el material a la pila de finos.

2.6.5 Proceso de molienda.

En la base de la pila de finos se encuentran dos huecos los cuales descargan el mineral, por medio de dos chutes es dirigido a dos alimentadores de banda, estos alimentadores descargan el material a dos cribas vibratorias. Estas cribas vibratorias se encargan de separar el mineral fino que es igual a media pulgada o menor y el material que es mayor a media pulgada.

El material mayor a media pulgada es recirculado a el edificio de trituración terciaria para reducir su tamaño y el material fino se le adiciona agua en la criba en el chute de descarga.

Ya el mineral como pulpa es dirigido un cajón de bombeo, por medio de una bomba dirige la pulpa a un nido de hidrociclones, estos realizan una separación del material fino del grueso

El material grueso mayor a 180 micrones se descarga a los molinos para reducir su tamaño a 180 micrones y el material fino es mandado al proceso de flotación.

El objetivo del molino de bolas es reducir el tamaño del mineral a 180 micrones, la pulpa que descarga el molino de bolas es recibida por un chute, la descarga del chute es recirculada al cajón de bombeo donde descargan las cribas para ser seleccionado nuevamente.

2.6.6. Proceso de flotación.

El material fino que cumple con el tamaño máximo de 180 micrones es enviado a un circuito de celdas de flotación, en las celdas de flotación por medio de proceso físico químico es separado el producto con valor del que no lo tiene.

En primer lugar, pasa a las celdas de flotación de cobre (primera flotación de cobre) donde es separado el cobre de los demás minerales y colas, en esta etapa el concentrado que sale por la parte superior entra a una segunda flotación de cobre y el molibdeno junto con las colas se va a la primera flotación de molibdeno.

La segunda flotación de cobre el concentrado que sale es producto final y se envía a los espesadores para retirar el exceso de agua y posteriormente pasa a filtrado donde se le retira toda el agua. Mientras que las colas son llevadas nuevamente a las celdas de molibdeno.

La primera flotación de molibdeno es separado el molibdeno de las colas (material sin valor) el concentrado de molibdeno flota y sale por la parte superior de las celdas y es enviado a los espesadores y filtros para retirarles el agua, mientras las colas que salen por la parte inferior y son enviadas a unas celdas de repaso, donde aún alcanza a salir concentrado de molibdeno, aquí las colas que salen son enviadas aun espesador para retirarles el agua y el concentrado de molibdeno es enviado a el espesador de molibdeno.



Fig. 2.19. Edificio de flotación. (Archivo personal de GMSI)

2.6.7. Proceso de espesamiento y filtrado.

Ya por último el producto que es el concentrado de cobre y molibdeno y las colas son enviados por separado, el concentrado de cobre va al espesador de cobre y el molibdeno va al espesador de molibdeno y las colas van al espesador de colas. En los espesadores se les retira parte del agua, de la descarga de los espesadores el concentrado es enviado a filtros de prensa o filtros cilíndricos para retirarles el resto del agua, una vez que ya se retiró el agua el proceso minero concluye. Para el material sin valor (colas) también se le retira el agua y se utiliza para rellenos.

El agua retirada del proceso de espesamiento y filtrado es recuperada y se vuelve a utilizar en el proceso.



Fig. 2.20. Espesamiento de concentrado de cobre molibdeno. (Archivo personal de GMSI)

2.6.8. Diagrama general de flujo del proceso.

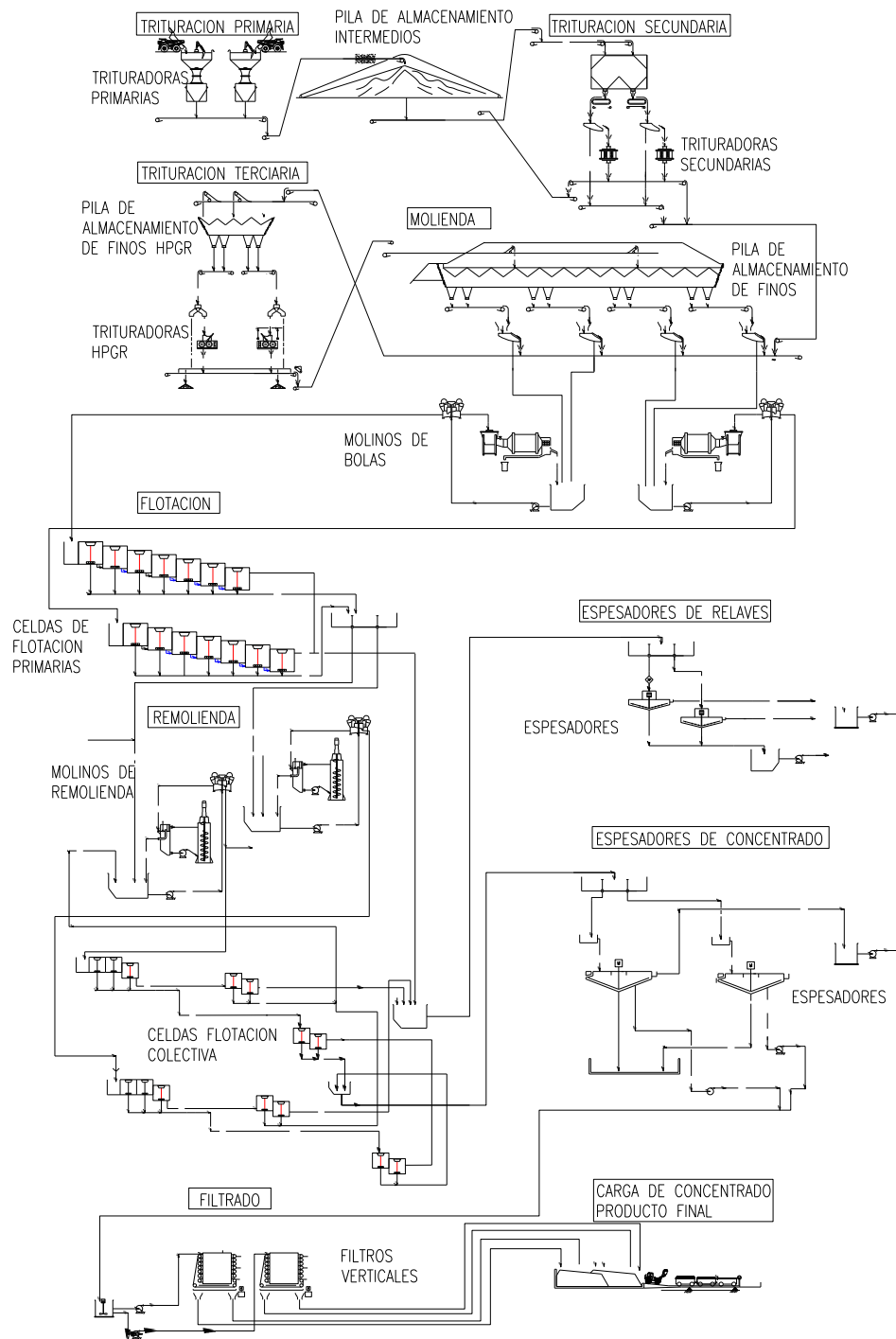


Fig. 2.21. Diagrama general de flujo de proceso (archivo personal)

2.7 PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DE PROYECTO.

El proceso de ejecución de un proyecto es el proceso de planeación del proyecto y posteriormente se continúa con el proceso de cierre de proyecto

Aplica a todos los proyectos a elaborar por Servicios de Ingeniería Grupo México posteriormente de la planeación del proyecto.

2.7.1. Responsabilidades.

El gerente del proyecto es el responsable de todo el proceso con el seguimiento del subdirector de proyectos y la supervisión técnica departamental de los gerentes técnicos.

2.7.2. Inicio del Proyecto.

Al inicio del proyecto se realiza una junta de arranque, la junta de arranque es obligatoria y se realizó con la participación del personal de GMSI y el cliente en este caso es personal de SOUTHERN COOPER PERU y tuvo como objetivo presentar e introducir al equipo de trabajo de ambas partes en el alcance del proyecto, programa y ejecución.

2.7.3. Captura de información del sitio.

Además de la información proporcionada por el cliente para el desarrollo de los trabajos, fue necesario considerar en el alcance la captura de información en el sitio donde se construirá el proyecto con el objeto de obtener toda la información posible de las instalaciones y servicios existentes, así como de las condiciones generales del sitio.

2.7.4. Información de partida.

La parte inicial de los servicios de diseño se enfocan en recolectar y asimilar la información proporcionada por el cliente para posteriormente enfocarse de lleno en el desarrollo del alcance para cada disciplina de ingeniería involucrada en el proyecto, de acuerdo al alcance contratado.

Uno de los aspectos que pueden causar graves atrasos e ineficiencias en la ejecución de un proyecto es la falta de indefinición de información requerida para su desarrollo.

Toda la ingeniería desarrollada por GMSI se realizó de acuerdo a las normas, códigos, estándares, reglamentos y especificaciones tanto nacionales como internacionales vigentes y acordadas con el cliente.

Los criterios generales para el desarrollo del proyecto en sus diferentes especialidades se incluyen en las bases de diseño del proyecto.

La ingeniería básica fue desarrollada por un tercero que fue la empresa HATCH, el cliente fue responsable de entregar o proporcionar la ingeniería básica de las instalaciones. GMSI en base a esta ingeniería básica, previa revisión de acuerdo a un procedimiento, desarrolla los servicios completos de ingeniería y diseño a detalle de las instalaciones de acuerdo al alcance del proyecto y el cliente tiene la obligación de contratar a un licenciador para los servicios de revisión de la ingeniería desarrollada por GMSI, así como proporcionar su aval de conformidad.

2.7.5. Etapa de ingeniería.

Tipo de ingeniería a desarrollada.

En este proyecto inicialmente no estaba contemplada como alcance la ingeniería básica, sin embargo, se vio superada por cambios importantes en el proyecto como fue cambio de ubicación de la planta y cambio de equipos principales, así que GMSI tuvo que realizar una ingeniería básica y de detalle para este proyecto y se tuvo que realizar un nuevo contrato para anexar este alcance.

2.7.6. Elaboración de entregables

El grupo de gestión del proyecto trabajara en estrecha colaboración con todos los equipos de trabajo de las diferentes disciplinas de GMSI involucradas en el proyecto para supervisar y coordinar el esfuerzo de ingeniería.

Los líderes de disciplina reportan directamente al gerente de proyecto y son supervisados por sus gerentes técnicos respectivos, serán la cabeza de cada grupo de trabajo de ingeniería. Cada líder de disciplina será responsable de todas las actividades de ingeniería incluidas en el grupo de trabajo.

El resultado de la ingeniería desarrollada por GMSI se traduce en documentos (a los cuales se les llama entregables), tales como memorias de cálculo, especificaciones, hojas de datos, dibujos, informes, requisiciones, evaluaciones técnicas, etc., y que son productos finales de entrega al cliente y en su conjunto representan el proyecto ejecutivo que servirá de base para la procura y construcción de lo proyectado.

Los documentos, planos e isométricos que fueron elaborados por GMSI se hicieron libres de errores y fueron consistentes con la ingeniería básica, las bases de diseño y las especificaciones generales y particulares del proyecto. Toda la información fue preparada en idioma español a excepción de algunos documentos técnicos para como que se requieran, y el sistema internacional de medidas (SI) de medidas.

De acuerdo a la ingeniería desarrollada, GMSI elaboro las requisiciones de ingeniería para la compra de equipos y materiales a suministrar en el proyecto en las siguientes etapas

- Para cotización
- Para compra
- Actualización con información del proveedor.

2.7.7. Coordinación de actividades.

La interrelación que hubo entre las diferentes disciplinas que intervinieron en el proyecto logro un acoplamiento efectivo entre todas las disciplinas de manera que el flujo de información fue dinámico.

2.7.8. Etapa de diseño.

Se llevó a cabo por parte de los líderes de disciplina un seguimiento de los trabajos para asegurar que los entregables del proyecto cumplieran con la calidad requerida, mediante el control de actividades de:

- Revisión interna de entregables.
- Verificación de un revisor independiente.
- Chequeo cruzado entre diferentes disciplinas.
- Revisión por el cliente en los documentos que aplique
- Revisión técnica departamental.

Para propósitos de diseño, GMSI utilizo la última versión de los documentos información o instrucción suministrada por el cliente o por parte de algún tercero a nombre de él, mismos que sirvieron de base en la ejecución de los trabajos. Cuando estos trabajos se estaban ejecutando se recibió información nueva o modificación de la información base. Lo cual implico re-trabajos y se requirió presentar solicitudes de cambio del proyecto las cuales fueron analizadas por el cliente y aprobadas para poder proceder con estas.

Los trabajos realizados estuvieron sujetos a la revisión y aprobación del cliente. Desde el inicio de los trabajos se estuvo de común acuerdo entre las partes los documentos que deberían ser revisados y el periodo de revisión (tiempo determinado) con esto se facilitó la comunicación con el cliente y así se aseguró el cumplimiento de los objetivos para el proyecto.

2.7.9. Control de la documentación.

En este proyecto se llevó un estricto control de la documentación para:

- El registro y emisión oficial de toda la documentación del proyecto.
- La distribución interna de los documentos.
- El archivo físico y electrónico de la documentación.
- Reportes del desarrollo y estado de revisión de los entregables del proyecto.

- La recepción de información externa.
- Emisión de solicitudes de información al cliente.

Se llevó un control de los consecutivos para cada tipo de registro, y las relaciones del registro de toda la documentación misma, estuvo disponible para su consulta en todo momento para todos los integrantes en una base electrónica que se encuentra en la red interna de GMSI.

2.7.10. Etapa de procura.

Para la ejecución del proyecto, un grupo de procura se conformó para llevar a cabo el suministro de equipos y materiales requeridos para el proyecto, incluyendo compras tanto locales como internacionales, según las necesidades. Un líder de procura fue asignado y fue responsable por el esfuerzo general de adquisiciones del proyecto, dirigiendo a su grupo de trabajo.

Para compras:

- Las actividades que realizó el grupo de compras asignado al proyecto se desarrollaron de acuerdo al procedimiento de procura, partiendo de la requisición de ingeniería conteniendo toda la información técnica necesaria.
- De la solicitud de cotización que se emitió se invitó mínimo a tres proveedores, los cuales fueron seleccionados en base al tipo de equipo, material o servicio y tomando en cuenta el listado de proveedores acordado con el cliente.
- Se elaboraron tablas comparativas comerciales que, junto con las tablas comparativas técnicas, sirvieron para seleccionar y/o recomendar a los proveedores adecuados para fincarles órdenes de compras.

2.7.11. Inspección y expeditación.

Se realizaron las actividades de inspección y expeditación de equipos, instrumentos y materiales con otro equipo de trabajo formado por inspectores para todas las adquisiciones que fueron asignadas a los proveedores nacionales y extranjeros.

La inspección y expeditación se llevó a cabo de acuerdo a las especificaciones de diseño de GMSI, códigos, estándares aplicables y requerimientos del cliente, así como en base a la información que se adjuntó en la orden de compra o pedido.

2.7.12. Tráfico y logística.

La parte de tráfico y logística no fue considerada para el alcance de GMSI, pero se nombra debido a la importancia que se tiene en los proyectos.

Se entregaron los equipos y materiales requeridos para la construcción del proyecto de la mejor manera posible, sin daños y en el tiempo justo, cuando fue requerido por la obra, para evitar se atrase la construcción y suministro de equipos y materiales necesarios para que hubiera continuidad durante la ejecución del proyecto.

El tráfico de equipos y materiales, comprende la logística, es decir, la planificación y estrategia, el transporte desde la planta del proveedor hasta el sitio de la obra y el trámite o despacho aduanal, que sea suministro del extranjero.

2.7.13. Etapa de construcción.

La parte o etapa de construcción no fue considerada para el alcance de GMSI, pero se nombra debido a la importancia que se tiene en los proyectos.

El único alcance de GMSI para esta etapa fue la integración de paquetes de trabajo para que el grupo de construcción cuente con todos los documentos necesarios, aprobados y actualizados, para realizar cada obra específica, antes de iniciarse.

Con la información de paquetes de trabajo a construcción se apoyó al constructor o subcontratista de obra en las siguientes actividades.

- Tener concentrada la información necesaria.
- Planear el proceso constructivo.
- Facilitar la programación de la obra y de los recursos
- Expeditar el acopio y habilitación de materiales.

2.7.14. Apoyo a construcción.

Para resolver problemas que se presentaron durante las etapas de fabricación y construcción y montaje fue necesario formar un grupo de ingeniería de apoyo por parte de GMSI a construcción, ya que así lo solicitó el cliente y junto con el personal de construcción se ayudó a dar solución y documentar las modificaciones requeridas a los documentos.

Normalmente el apoyo a construcción por parte de GMSI se presentó para resolver los siguientes problemas:

- Interferencia con otras instalaciones
- Falta de material métodos constructivos indicados en planos y requiere sustituirse por otros materiales equivalentes o disponibles.
- Incongruencia entre la información de los planos que se interrelacionan.
- Problemas de interpretación de planos, detalles y especificaciones.
- Métodos constructivos que propone construcción para facilitar sus actividades.

Capitulo III.- TRANSPORTE DE MATERIAL.

El transporte de material es importante en todos los procesos de la extracción de cobre, para poder pasar de un proceso a otro es necesario un transporte, estos pueden ser, alimentadores de placa, alimentadores de banda, alimentador de gusano, transportador de banda, tuberías, canaletas.

3.1.-ALIMENTADORES DE PLACA.

En general los alimentadores de placa son ubicados en pilas de almacenamiento de mineral, tolvas que albergan una gran cantidad de material o tolvas donde es descargado el material por volquetes. Esto se hace por las características de los alimentadores una de ellas es la robustez del equipo para soportar grandes cargas e impactos y la otra es que con estos se puede regular la carga.

Para el proyecto los anchos de los alimentadores de placas se hace un cálculo preliminar para determinar el ancho y la velocidad esto por medio del tonelaje por hora que va alimentar

Para el diseño de la planta se requirieron varios alimentadores de placa en diferentes anchos, en la pila de intermedios se ocuparon 5 alimentadores de un ancho de 96", en el edificio de trituración secundaria fueron dos de ancho de 96" y de longitud 12 metros.

Para el diseño de las diferentes áreas donde se colocaron alimentadores de placas el procedimiento fue el siguiente:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- Criterios de diseño:

Estos criterios deben ser revisados para saber que requerimientos deben tener los alimentadores de placa y así no se use información errónea que puede repercutir a la hora de plasmarla en los planos y en los demás

documentos que sirven para pedir información a los proveedores, para el proyecto los criterios de diseño se muestran a continuación:

Los alimentadores tipo oruga serán para servicio pesado con placas de acero resistente a la abrasión. Su velocidad no excederá de 15 m/min.

Estos alimentadores se instalarán de preferencia en forma horizontal, excepto cuando las condiciones de diseño exijan una inclinación.

Las guarderías del alimentador deben estar aproximadamente 150 mm más alto que la mayor altura que puede alcanzar la cama de material y ubicadas de tal forma que dejen una tolerancia de a lo menos 50 mm hacia el borde de las placas. Los faldones deben ser fuertemente reforzados y revestidos con corazas resistentes a la abrasión.

Se instalará una correa colectora debajo de este tipo de alimentador para manejar el material fino que pasa a través de las placas.

- Información de proveedores.

La información de proveedores puede ser catálogos de alimentadores, planos preliminares de los alimentadores que se van a usar, cuando no tenemos información de proveedores debemos:

Realizar cálculos para verificar el tonelaje que maneja, esto para determinar un ancho, el tamaño y tipo de transmisión que llevara

Buscar información en diferentes medios como son internet, catalogo, información usada en otros proyectos.

- Arreglos generales de ingeniería básica.

La ingeniería básica como lo dice es la base del proyecto es el arreglo preliminar de nuestra ingeniería de detalle lo que esta trazado en los planos de ingeniería básica lo usamos para nuestra ingeniería de detalle.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de arreglo general de detalle tomamos los planos de ingeniería de detalle y sobre este empezamos a plasmar los dibujos de los equipos de proveedor, los calculados o de referencia de proyectos anteriores.

Como tal la disciplina de proceso es la que arranca el proyecto con los diagramas de proceso de cada área, una vez que terminan estos diagramas podemos empezar a trabajar en la ingeniería de detalle ya que los diagramas de proceso contienen:

- El proceso del mineral por cada uno de los equipos de transporte
- El tag o rotulo de los equipos
- La disposición de los equipos; esta disposición de quipos nos ayuda a saber cuál es el flujo de equipos, es decir con este sabemos a qué banda debe descargar el alimentador de placas

Una vez que tenemos la información de la ingeniería básica debemos tener en cuenta el proceso que debe cumplir el equipo y como se va a llevar a cabo en el caso de transporte de material se tiene puntos de trabajo los cuales debemos de respetar, estos puntos de trabajo son la carga del material que va a ser transportado y otro punto es la descarga del material.

- Carga de material.

Se define el punto de trabajo del área de carga del transportador o alimentador se comienzan a analizar cada uno de los componentes lleva:

El chute de descarga del cual recibimos la carga, este debe cumplir con las dimensiones adecuadas para mover y contener el material con el flujo calculado para un buen funcionamiento

El faldón se diseña con las dimensiones adecuadas para guiar el material sobre la banda o alimentador.

Una vez plasmados los dibujos de equipos reales o de referencia podemos empezar a trazar plataformas de cimentación para la instalación del equipo,

plataformas de operación y mantenimiento, espacios para equipos de mantenimiento como grúas y polipastos para poder extraer desde equipos completos o partes de estos como poleas, motores, chumaceras etcétera, a continuación se muestra un corte de un plano donde se muestra el área donde es colocado un alimentador de placas que reclama el material de la tolva de regulación y a su vez este alimenta a la zaranda para clasificación del material, en esta sección se puede notar los puntos de trabajo del equipo ver fig.

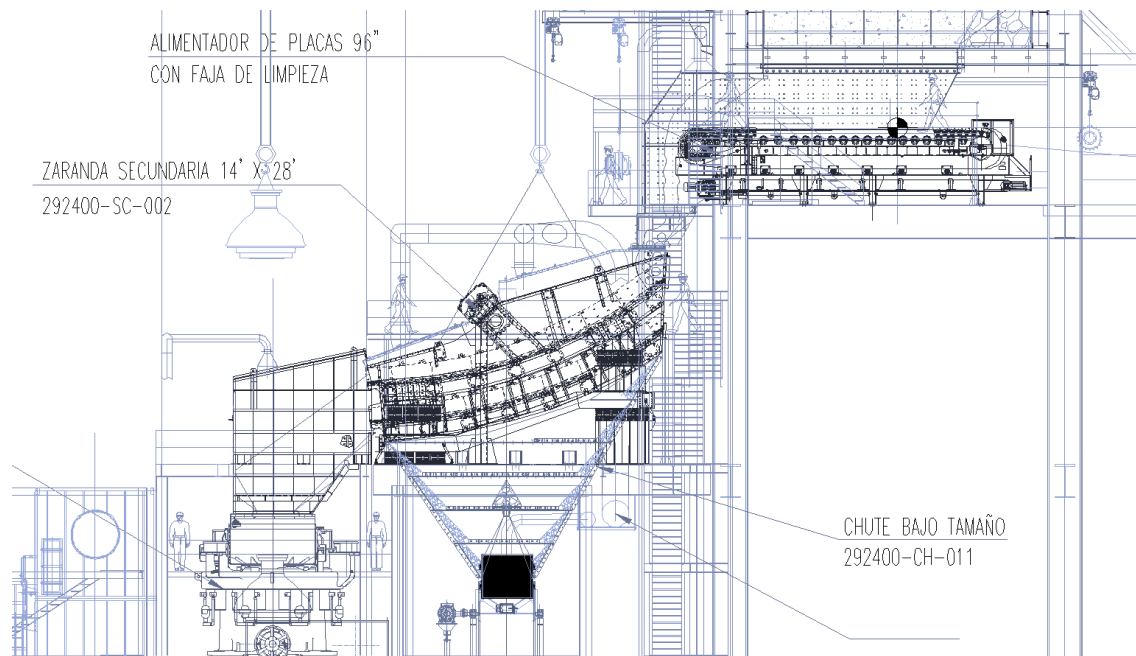


Fig. 3.1 Alimentador de placas ubicado en el edificio de trituración secundaria (archivo personal)

3.2.- BANDAS TRANSPORTADORA.

Las bandas transportadoras son el transporte de mineral más económico y eficiente, además que se pueden llevar por lugares donde no hay caminos y su fin es llevar el mineral de un lado a otro.

Para el diseño y desarrollo de la ingeniería realizamos los siguientes pasos:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

El diseño de las bandas transportadoras debe ser de acuerdo con el estándar CEMA. Y la DIN se puede usar solo si el cliente lo requiere.

Las bandas se diseñarán para una distancia mínima de 180 mm entre el borde de la banda y la cama de mineral, sin exceder el 80% de carga para mineral fino y el 65% para mineral grueso, de la capacidad de la banda como determinada por CEMA.

Bandejas sobre los tensores gravitacionales verticales y sistemas motrices en el retorno serán provistas para prevenir la caída de mineral en las poleas. Estas bandejas se extenderán por 5 m hacia cada lado, medidos desde la proyección vertical del límite de dichos sistemas. También se proveerán bandejas en todas las zonas de transferencias.

La línea de la banda (rodillo central) será ubicada a 1200 mm sobre las pasarelas o nivel del piso.

Una altura adecuada será provista bajo las poleas para labores de aseo. La altura recomendada es 0.5 m.

Las velocidades para las bandas de planta no excederán 3.5 m/s. La velocidad de las bandas sobre terreno no excederá los 5 m/s.

La inclinación en las bandas será como se indica en su especificación técnica o en su hoja de datos, pero estará limitada a 15° como máximo. La máxima inclinación para bandas descendentes será de 13°. La inclinación máxima en los puntos de carga inclinados, será 8°.

Para bandas transportadoras elevadas, chutes de limpieza serán provistos en la cabeza, en la cola y en cada punto de transferencia. Estos chutes de limpieza serán simples puertas en el piso, con un ducto y una caja removible, para la recolección del material.

Todos los sistemas motrices de bandas transportadoras con potencias mayores a 75 kW, y/o bandas con curvas verticales cóncavas deberán ser diseñadas con partidas suaves y aceleraciones suaves, para prevenir la elevación de la banda en las curvas cóncavas y choques severos a los

componentes del equipamiento. Los sistemas motrices pueden disponer de acoplamientos hidráulicos, partidores suaves o variadores de frecuencia, lo que sea necesario para asegurar una partida suave.

Los tiempos de desaceleración y aceleración en paradas y partidas deberán ser calculados para cada transportador, con la finalidad de evitar el atascamiento de las tolvas o chutes.

Las bandas transportadoras serán diseñadas para las condiciones de operación, de arranque, de aceleración, de frenado, y tensiones de operación. Según se solicite en la especificación técnica, un completo análisis dinámico, incluido consideraciones de elasticidad para la banda, será realizado. Este análisis incluirá lo siguiente:

- Prevenir excesivas tensiones de partida y parada desarrolladas por las fuerzas ejercidas en la banda.
- Diseño de sistemas motrices con partida controlada, aceleración y desaceleración suave para prevenir el levantamiento de los rodillos en curvas cóncavas, y golpe o daño a los componentes de la banda.
- Prevenir el derrame de mineral que es el resultado del movimiento producido por fuerzas ejercidas durante la aceleración y la desaceleración de la banda.

Los análisis de curvatura serán realizados para ambos lados de la banda, carga y retorno, para curvas verticales, curvas horizontales y para todas las condiciones de tensión de la banda.

Los radios de curvatura cóncavos verticales serán determinados para impedir el levantamiento de la banda desde los rodillos bajo cualquier condición. La tensión más alta, será calculada bajo la peor condición que resulte (vacía y llena, invierno o verano, baja y alta fricción, con la cual se calculará el radio requerido. La tensión más baja en la curva, será calculada para mantener la mínima tensión en el borde de la banda. La tensión de borde mínima para bandas de tela será 5.3 kN/m (30 libras por pulgada de ancho - 30 PIW)

Los radios de curva convexos verticales serán diseñados para mantener al menos 5.3 kN/m (30 PIW) en el centro de la banda bajo condiciones de operación y condiciones transitorias. Además, las curvas convexas se dimensionarán para que la tensión de borde no exceda el 100 % de la tensión (de llenado o vaciado, cualquiera de las dos condiciones que resulte más desfavorable) de la banda.

Todos los transportadores serán provistos de áreas accesibles para el reemplazo de banda y operaciones de empalme. Estaciones de empalme en áreas de baja tensión, donde sea posible.

El diseño de las curvas horizontales se hará de acuerdo a CEMA y estará basado en una buena práctica de ingeniería, así como también en recomendaciones del proveedor.

Para todos los elementos construidos en plancha metálica se usará acero ASTM A-36

Pernos normales de conexión serán según ASTM A-307 y pernos de alta resistencia según ASTM A-325.

- **Información de proveedores.**

La información de proveedores puede ser catálogos de bandas, planos preliminares de bandas transportadoras que se van a usar, cuando no tenemos información de proveedores debemos:

Realizar cálculos (mediante una hoja de cálculo) para verificar el tonelaje que maneja, esto para determinar la velocidad, el ancho, tipo de rodillos, el tamaño y tipo de transmisión y donde la llevara

Buscar información en diferentes medios como son internet, catalogo, información usada en otros proyectos.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de arreglo general de detalle tomamos los planos de ingeniería básica, aquí en la ingeniería básica ya están ubicados en nivel y posición los puntos de trabajo de carga y descarga

Tomamos los diagramas de proceso para confirmar que los tonelajes con los que estamos trabajando son los actuales para el proyecto, tomamos los rótulos o identificadores de la banda con la que estamos trabajando y verificamos que equipo o banda transportadora lo alimenta y en cual descargara

De acuerdo a los puntos de trabajo sabremos que trayectoria presentara nuestra banda si debe ser:

- Horizontal.
- Inclínada ascendente o descendente.
- Inclínada con curva cóncava o convexa o ambas.
- O una mezcla de todas las anteriores.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y de acuerdo al cálculo del transportador podemos saber de qué tamaño serán los componentes de la banda y podemos trazarla tomando en cuenta los criterios de diseño y el estándar CEMA que nos habla de las características y especificaciones que debe tener la banda.

Los puntos más críticos al momento del diseño de la banda transportadora son siempre el punto de carga y descarga por lo siguiente:

- Debido a las altas velocidades que manejan las bandas transportadoras en este proyecto, se deben de diseñar chutes con camas de piedra para evitar que el material dañe al chute, para saber dónde se colocara la cama de roca necesitamos trazar la trayectoria del material para saber cómo se comportara, ver fig. 3.2

- Se deben considerar espacios grandes en los puntos de transferencia, debido a que el flujo del material debe ser constante esto se logra usando pendientes de 45 a 60 grados en las camas de piedra para que el material fluya ver fig. 3.2

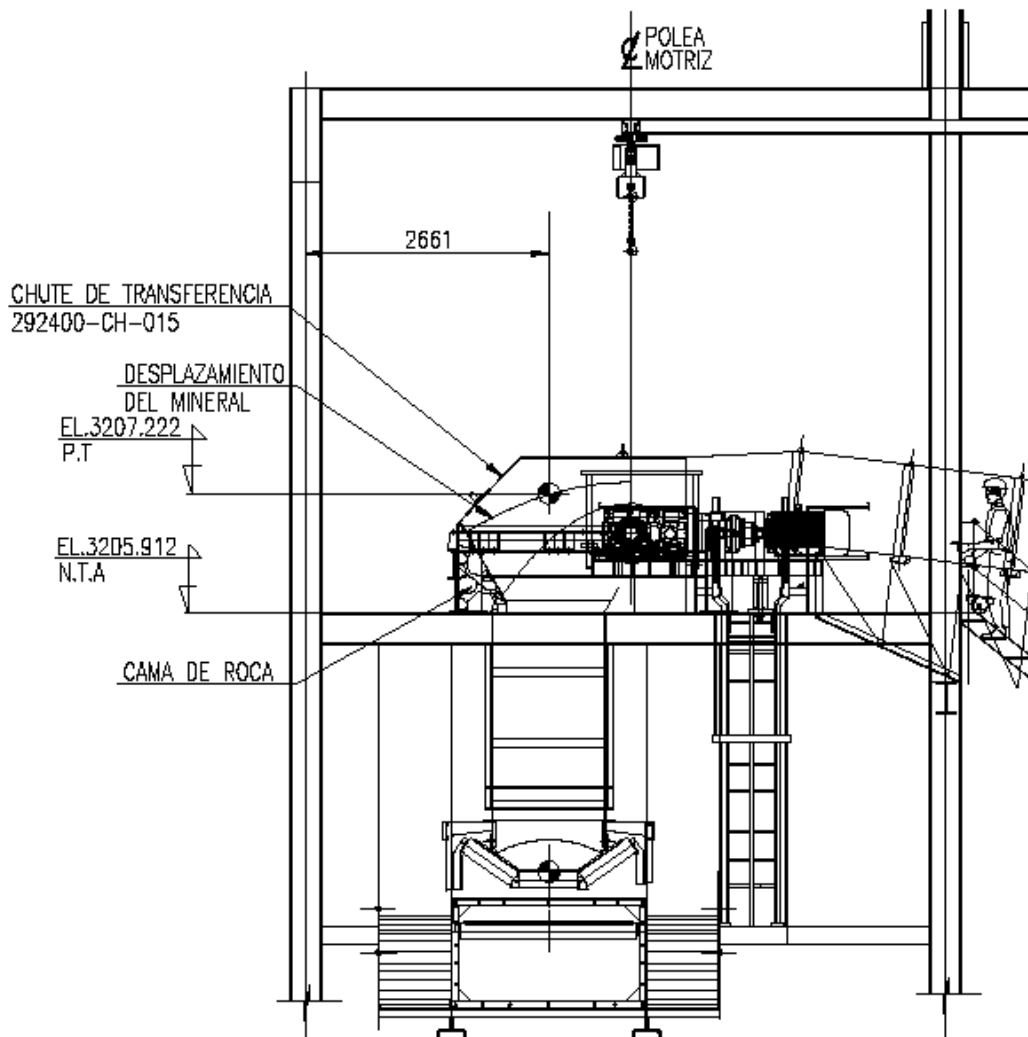


FIG. 3.2 Sección transversal de transportador muestra el punto de transferencia de una banda a otra a 90° (archivo personal)

- El punto de carga también es importante, debemos evitar que el material que viene no descargue directamente sobre la banda esto lo podría dañar, esto se evita diseñando el chute de transferencia con cama de piedra, el

material deberá resbalar en la cama de piedra y en los costados del chute por donde resbalara el material se protegerá con placas anti desgaste, ver fig. 3.3

- El material que se descarga en la banda nunca debe entrar cargado a los lados, siempre debe entrar centrado esto evita que la banda se desalinee
- Para la banda transportadora que está recibiendo el material se debe diseñar un faldón que contendrá el material y lo acomodara en la banda para evitar que en este punto se derrame material, ver fig. 3.3

Para el diseño de las bandas transportadoras se deben disponer espacios para operación y mantenimiento, por lo tanto, los transportadores deben de llevar pasillos a todo lo largo de la banda, estos pasillos si son de servicio mínimo deberán ser de 0.8 metros y los pasillos para mantenimiento 1.2 metros mínimo. En los puntos de transferencia se deben considerar plataformas de mantenimiento y operación con sus accesos y complementos para poder realizar el mantenimiento de las bandas transportadoras, ver fig. 3.3

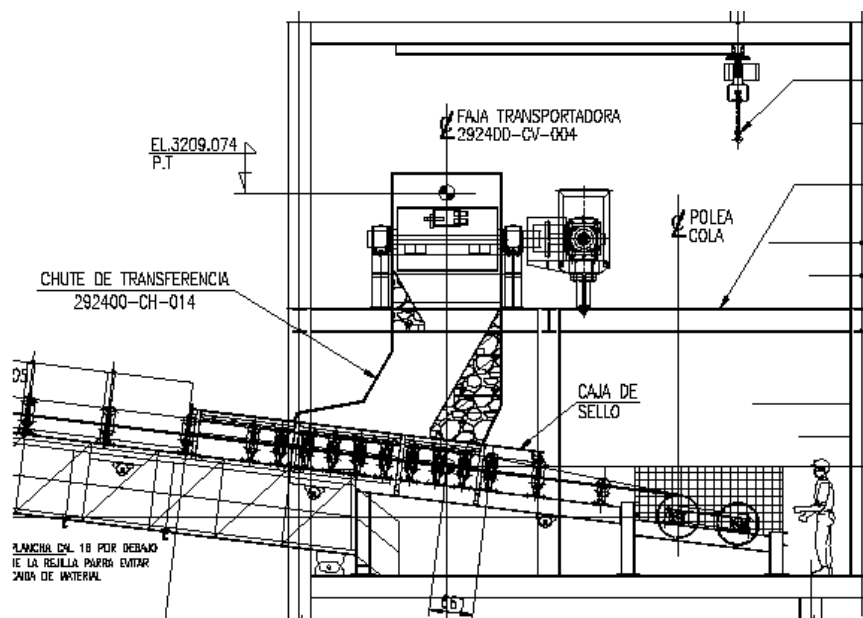


Fig. 3.3 muestra transferencia de una banda transportadora a otra (archivo personal)

CAPITULO IV.- TRITURACIÓN.

La trituración es parte fundamental para la extracción de cobre, ya que es uno de los primeros pasos para la reducción de tamaño del mineral, debido a que la maquinaria de trituración por los rangos de tamaño de material son usadas para la trituración primaria, secundaria y en algunas veces la trituración terciaria, aunque en la actualidad ya existen molinos semi-autógenos que aceptan tamaños de material hasta de 8 pulgadas sustituyendo la trituración secundaria y terciaria, pero en muchas empresas mineras trabajan de forma segura lo que les ha dado resultados es lo que usan y no quieren estar experimentando con otro tipo de equipos.

4.1 EDIFICIO DE TRITURACION PRIMARIA.

Este edificio es uno de los más grandes de este proyecto ya que alberga una trituradora de dimensiones de 6 metros de diámetro y una altura de 9 metros, que acepta rocas de 1.5 metros de diámetro y descarga rocas de 10" de diámetro máximo.

Para el diseño y desarrollo de la ingeniería seguimos los siguientes pasos:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- Criterios de diseño:

Las trituradoras giratorias serán de tipo estándar, que considere descarga inferior abierta, blindaje del elemento triturador (mantle) y con la "cavidad cónica" (bowl) de acero manganeso, unidad motriz, sistema de lubricación automática y bomba hidráulica para la calibración y limpieza de la trituradora.

La trituradora deberá estar equipada con un sello para el polvo, el que será recomendado por el proveedor. El sello se considerará para la protección de las partes rotatorias y móviles de la abrasión y desgaste.

La trituradora deberá ser construida completa de acero. El engranaje cónico y piñón deberá ser de acero fundido o forjado, con dientes mecanizados.

La unidad motriz de la trituradora estará directamente acoplada al eje motriz primario por medio de un contra eje y acoplamientos de engranajes.

La trituradora deberá contar con un sistema hidráulico para la calibración del ajuste, completo con una unidad hidráulica, motor y mangueras hidráulicas. Este sistema permitirá liberar la trituradora, bloqueada con material sin triturar. El sistema deberá permitir el desplazamiento hidráulico del eje principal desde su posición normal de trituración hasta permitir el paso del material atascado, para luego retornar a su posición previamente regulada.

La trituradora se deberá proveer con un sistema único, independiente y automático de lubricación, completa con un depósito de aceite, sistemas de refrigeración y calentamiento de aceite (si se requiere), bomba(s), motor(es) para bomba(s), filtros, válvulas, instrumentación, control y todos los accesorios requeridos para asegurar una adecuada lubricación.

- Información de proveedores.

La información de proveedores puede ser catálogos de trituradoras giratorias, planos preliminares que facilita el proveedor, planos de referencia de otros proyectos y cuando no se tiene ninguna información de acuerdo a los catálogos dibujamos estas trituradoras y con esto podemos empezar a dimensionar nuestro edificio.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que en determinado los podemos mover.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de trituración primaria estos diagramas de proceso contienen la siguiente información (ver figura 4.1):

- Los equipos el principal y los equipos periféricos necesarios para el correcto funcionamiento de la trituradora.
- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

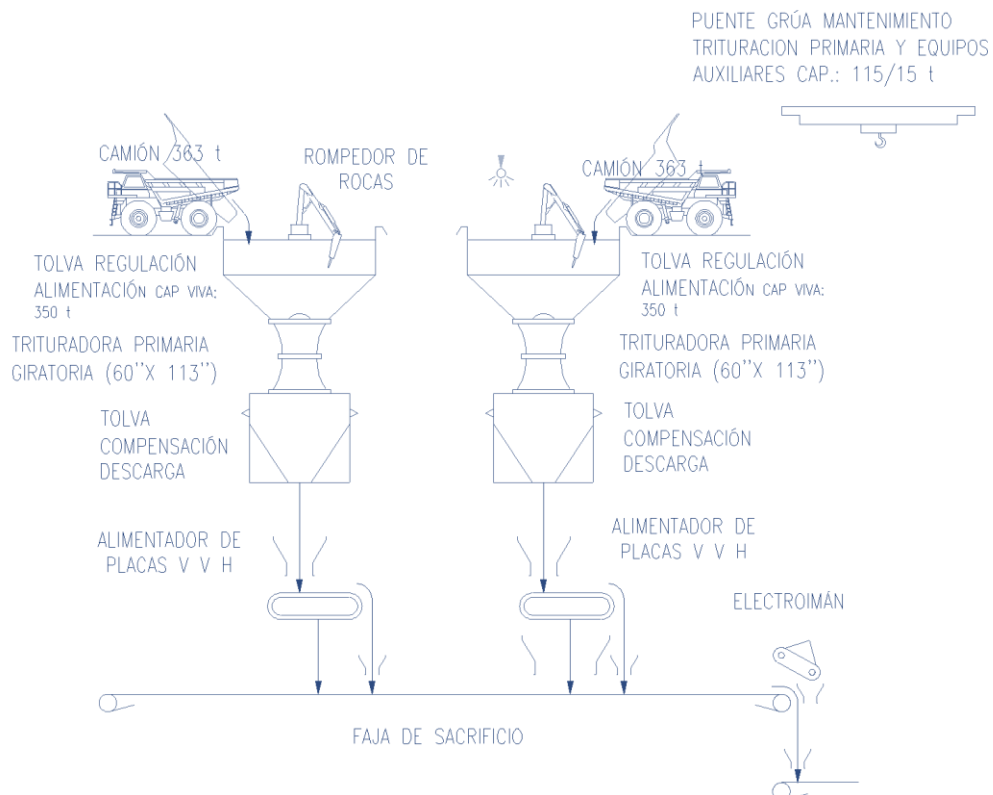


Fig. 4.1. Diagrama de proceso de trituración primaria (archivo personal)

Para el diseño del edificio sabemos por medio de los diagramas que la descarga se hará por medio de volquetes a una tolva de paso y regulación, esta tolva estará en punto alto donde tengan acceso los volquetes por lo tanto debemos de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Esta tolva se determinará su volumen de acuerdo al flujo de material de acarreo de los volquetes
- Esta tolva es de concreto y deberá estar protegida contra la abrasión y los impactos del material, esto se logra colocando placas anti-desgaste por donde el material por el movimiento que tiene, roza con las paredes de esta tolva y también la protegemos colocando camas de material que sabemos que por el comportamiento del material formaran ángulos entre 37 y 60° con respecto a las paredes.
- La boca de entrada de la trituradora está conectada a la tolva de regulación y alimentación.

Ahora empezamos a diseñar las plataformas de operación mantenimiento de la trituradora.

- Para el mantenimiento de la trituradora primaria se dispuso de una grúa de 115 toneladas, y la capacidad de la grúa se elige tomando en cuenta la parte más pesada de la trituradora primaria. Para colocar la grúa se tiene que hacer una edificación esta debe tener el nivel suficiente para poder mover la sección mayor de la trituradora en caso de que se le tenga que dar mantenimiento y sacarla del edificio.
- Por debajo de la tolva se dispone otra planta la cual es para soportar la trituradora, en este nivel se colocará la unidad motriz, el arreglo preliminar o arreglo certificado del equipo nos permite ubicar el anclaje de la trituradora y la ubicación de la unidad motriz. En este nivel debemos de dejar espacio suficiente para poder manipular la unidad motriz por medio de un polipasto con este podemos llevar a la unidad motriz a unos huecos dispuestos en la losa para que lo pueda sacar la grúa que está en la parte superior.

- En la boca de descarga se hace una tolva de compensación para recibir el material triturado, en esta tolva por debajo el material es reclamado por un alimentador de placas y este a su vez lo descarga en una banda transportadora para llevarlo por medio de un sistema de bandas a la pila de intermedios. Todas las tolvas y chutes deberán tener cama de piedra y placas anti-desgaste para no sufrir daños.

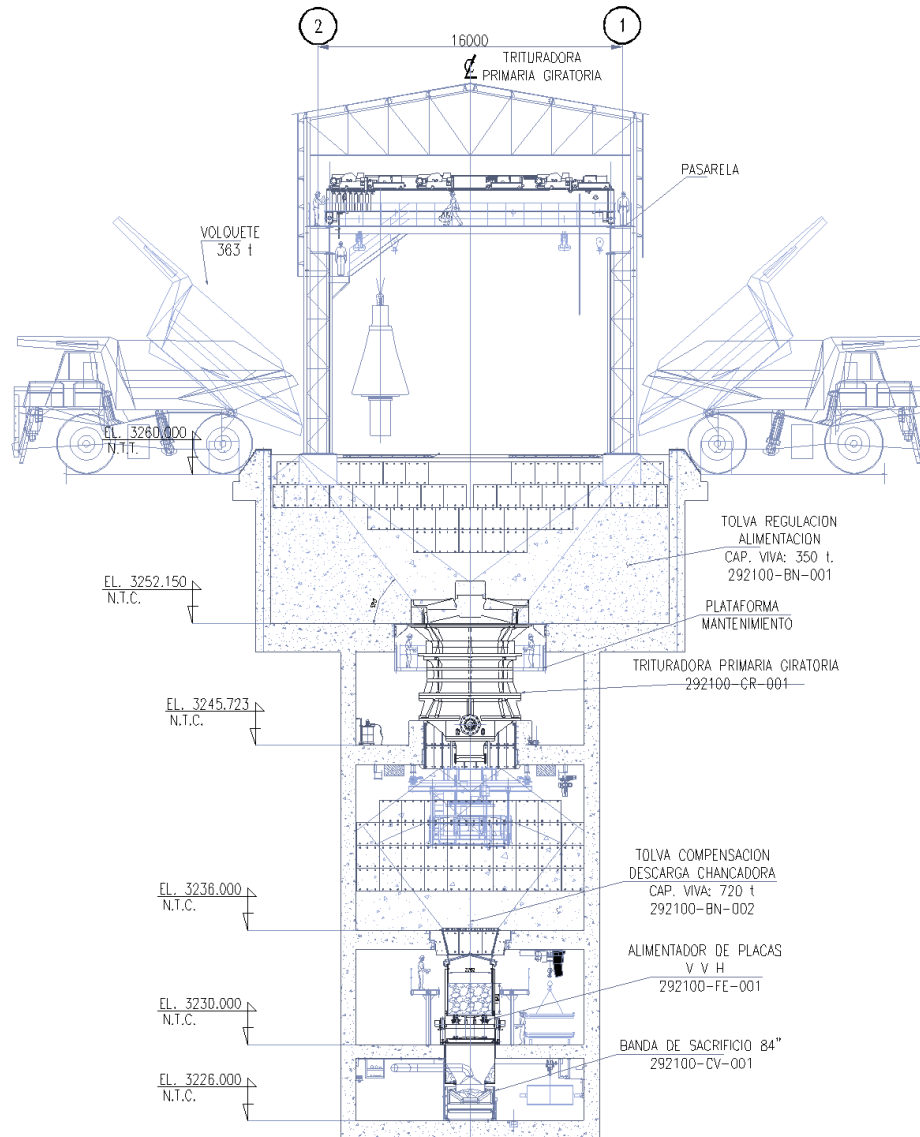


Fig. 4.2. Disposición general del edificio de trituración primaria (imagen archivo personal)

4.2 EDIFICIO DE TRITURACION SECUNDARIA.

Este alberga dos trituradoras de cono MP-1250 con 4.8 metros de diámetro y 4.2 de altura, que acepta rocas de 0.254 metros de diámetro y descarga rocas de 0.025 metros de diámetro máximo.

Para el diseño y desarrollo de la ingeniería seguimos los siguientes pasos:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

Trituradora de cono, el acople de la unidad motriz podrá ser del tipo directo mediante un contra-eje o mediante correas en "V", según se especifique. La trituradora de cono incluirá una unidad hidráulica para la calibración del ajuste y limpieza de la cavidad, sistema de lubricación, unidad motriz, guardas de seguridad y sistema de sello.

Las trituradoras de cono podrán ser de cabeza estándar o corta según su aplicación.

Incluirá un sistema hidráulico y de lubricación según lo indicado

Las zarandas vibratorias serán diseñadas para servicio pesado y adecuados para la operación especificada.

Las zarandas serán inclinados u horizontales y consistirán de bastidor, bandejas, sistema vibrador y motor eléctrico.

El armazón (frame) de la zaranda será construido de acero de alta resistencia.

- **Información de proveedores.**

La información de proveedores puede ser catálogos de trituradoras de cono, planos preliminares que facilita el proveedor, planos de referencia de otros proyectos y cuando no se tiene ninguna información de acuerdo a los catálogos dibujamos estas trituradoras y con esto podemos empezar a dimensionar nuestro edificio.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que en determinado los podemos mover.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de trituración primaria estos diagramas de proceso contienen la siguiente información (ver figura 4.3):

- Los equipos el principal y los equipos periféricos necesarios para el correcto funcionamiento de la trituradora.
- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

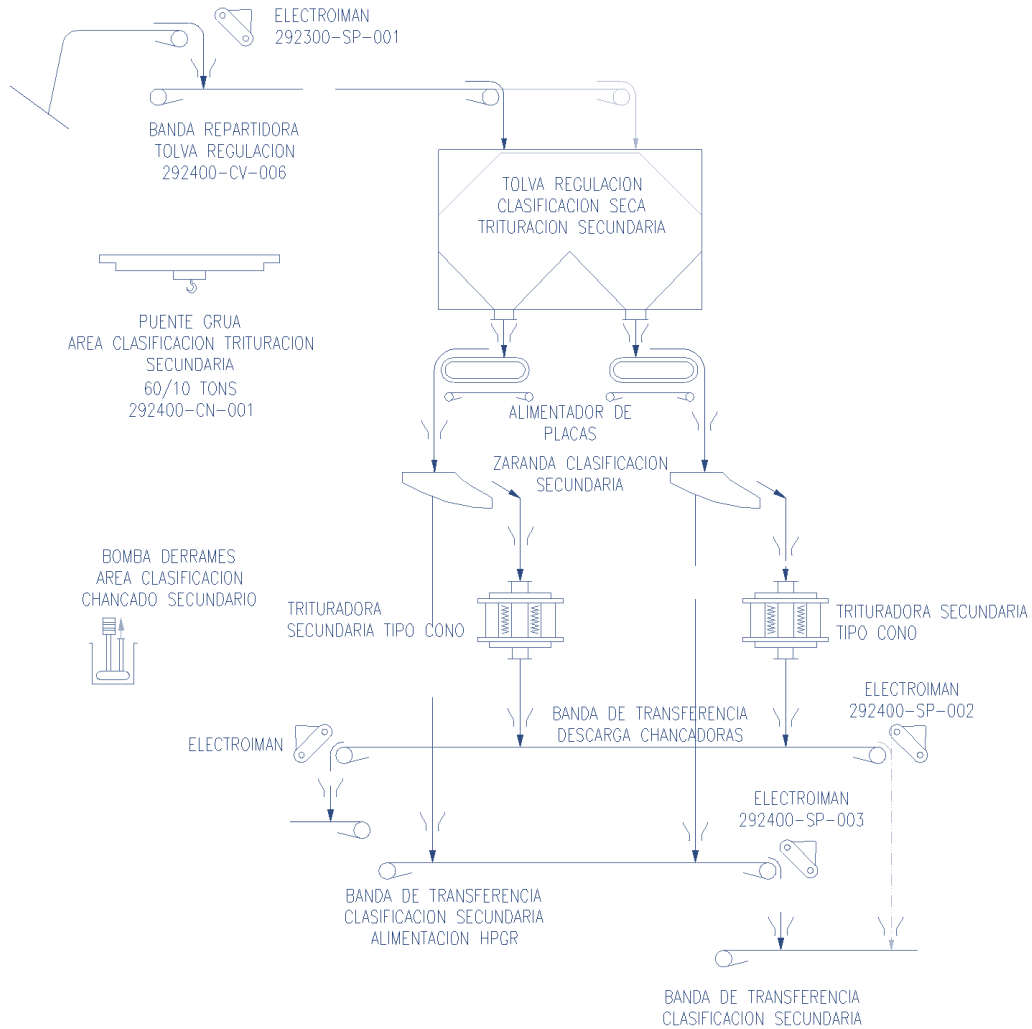


Fig. 4.3. Diagrama de flujo de trituración secundaria (archivo personal)

Para el diseño del edificio sabemos por medio de los diagramas que la descarga se hará por medio de una banda transportadora a una tolva de paso y regulación, esta tolva estará en punto alto por lo tanto debemos de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Esta tolva se determinará su volumen de acuerdo al flujo de material que transporta la banda y un volumen para que siga trabajando esta área por un tiempo determinado.
- Esta tolva es de acero y deberá estar protegida contra la abrasión y los impactos del material, esto se logra colocando placas anti-desgaste por donde el material por el movimiento que tiene, roza con las paredes de esta

tolva y también la protegemos colocando camas de material que sabemos que por el comportamiento del material formaran ángulos entre 37 y 60° con respecto a las paredes.

- A la descarga se encuentra un alimentador de placas, reclamando el material de la tolva de los cuales se habla en el capítulo III

En la descarga del alimentador de placas diseñamos el chute de descarga que alimentara la zaranda

- Este chute es de acero recubierto con placas anti-desgaste y camas de piedra para evitar daños en él, las placas anti-desgaste son apernadas para poderlas intercambiar una vez ya desgastadas.

La zaranda es un alimentador vibratorio que clasifica el material en fino y en grueso, en esta área consideramos grueso al material de más de una pulgada y fino al material menor a una pulgada para el diseño del edificio se consideran los siguientes puntos para la instalación de las zarandas:

- La zaranda se tiene que colocar en una estructura independiente al edificio principal para no transmitir vibraciones.
- Debemos de tener espacios de mantenimiento y operación de todos sus componentes para esto se hacen plataformas para tener acceso a la flecha, a la unidad motriz, y las mallas que clasifican el material, porque estos elementos son los que sufren mayor daño y se tienen que cambiar o reparar.
- Ningún chute o elemento rígido que no pertenezca a la zaranda deberá estar retirado por lo menos 157mm porque al momento de paro de la zaranda hace movimientos excéntricos que pueden golpear a los demás elementos
- Las uniones de los chutes a las zarandas deberán de ser flexibles, estos pueden ser de hule.

En la descarga de la zaranda hay do chutes uno de ellos lleva los gruesos a la trituradora y el otro chute lleva los finos que son descargados a un transportador y

son llevados por medio de un sistema de bandas al edificio de trituración terciaria, para el diseño de estos chutes consideramos los siguientes puntos:

- Que se soporten en la plataforma donde están instaladas las zarandas para un fácil desalojo de estas.
- Que sean de acero, que tengan planchas anti-desgaste intercambiables apernadas, para evitar la abrasión del material y protegerlas contra impactos por medio de camas de piedra con ángulos de hasta 60 grados.

Los gruesos que recibe el chute de la zaranda son descargados a la trituradora de cono. Para la instalación de la quebradora de cono consideramos los siguientes puntos:

- Que la caída del material del chute este por lo menos a 1219 mm de distancia del plato de la quebradora, esto para que el material tenga fluidez tanto en el chute como en la quebradora.
- Tener espacios suficientes, y plataformas para operación de la trituradora, para el mantenimiento se dispone de una serie de huecos en las plataformas para extraer los componentes por medio de la grúa.
- Para el anclaje y soporte de la trituradora tomamos los planos de proveedor, en estos se encuentra información para poder ubicar los pernos de anclaje, las medidas de las anclas y la recomendación del soporte de la trituradora que en este caso debe ser de concreto.
- En los planos de proveedor también se obtiene la ubicación de la unidad motriz, con esto ya podemos ubicarla en nuestro edificio.
- En las especificaciones del equipo y en los planos de proveedor se recomiendan las distancias y ubicaciones para instalar la unidad de potencia, la unidad de lubricación y la unidad de enfriamiento de la trituradora, con estos datos podemos ubicar estos elementos en nuestro edificio.

Para el mantenimiento de todos los elementos del edificio se usará una grúa y se consideraron los siguientes puntos para el diseño:

- Para el mantenimiento de la trituradora primaria se dispuso de una grúa de 60 toneladas con un gancho auxiliar para 5 toneladas, y la capacidad de la grúa se elige tomando en cuenta la parte más pesada de los equipos que tiene. Para colocar la grúa se tiene que hacer una edificación esta debe tener el nivel suficiente para poder mover el elemento o equipo más grande del edificio para no tener interferencias al momento de retirarlo.
- Para la grúa también se deben considerar plataformas para poder dar mantenimiento a estas.

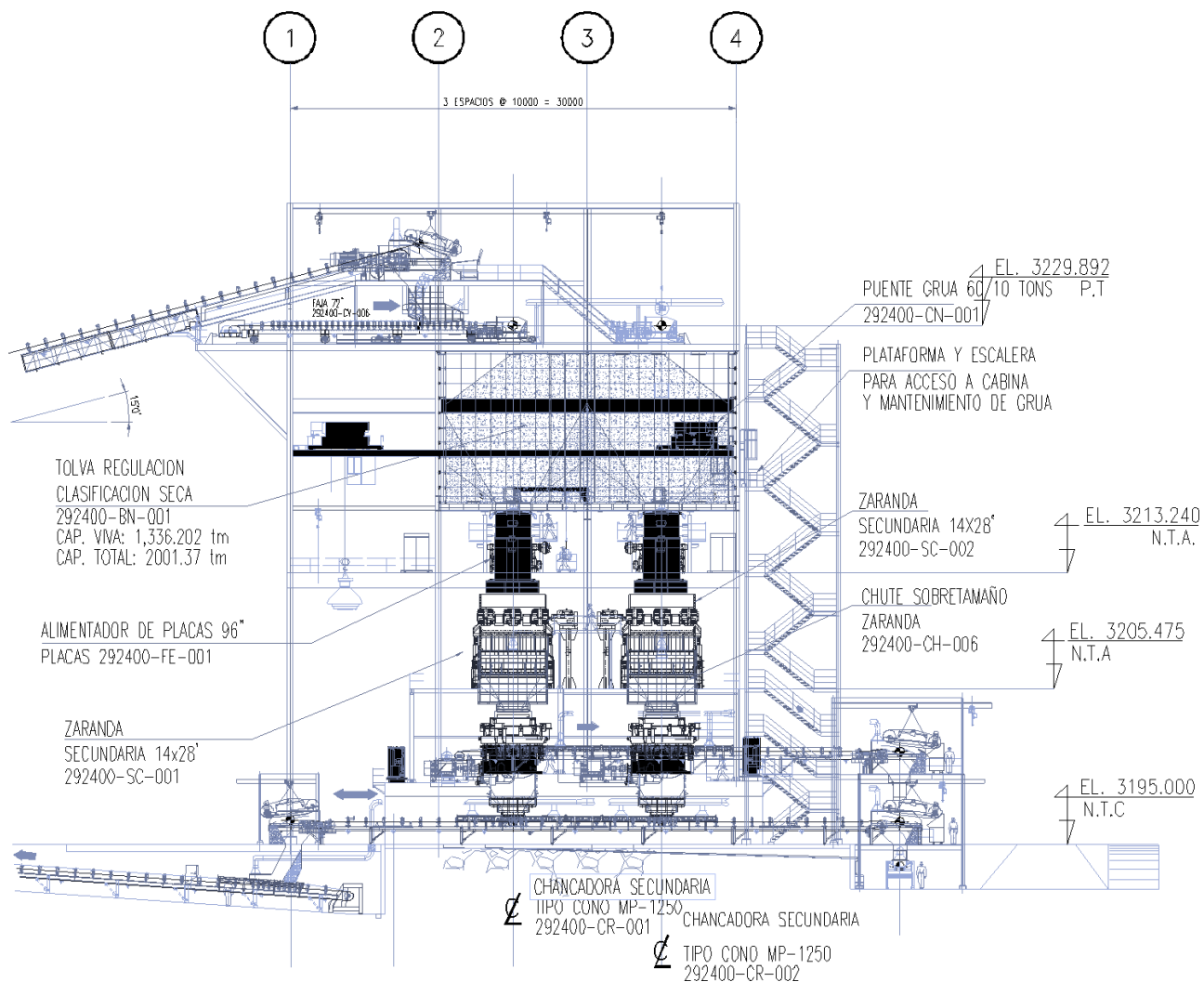


Fig. 4.4. Disposición general de edificio de trituración secundaria (archivo personal)

4.3 EDIFICIO DE TRITURACION TERCIARIA.

Este alberga dos trituradoras de rodillo HPGR DE 24X17 con 4.8 metros de diámetro y 4.2 de altura, que acepta rocas de 0.254 metros de diámetro y descarga rocas de 0.025 metros de diámetro máximo.

Para el diseño y desarrollo de la ingeniería seguimos los siguientes pasos:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

El acople de la unidad motriz podrá ser del tipo directo mediante un contra-eje o mediante correas en "V", según se especifique. La trituradora de cono incluirá una unidad hidráulica para la calibración del ajuste y limpieza de la cavidad, sistema de lubricación, unidad motriz, guardas de seguridad y sistema de sello.

Las trituradoras de cono podrán ser de cabeza estándar o corta según su aplicación.

Incluirá un sistema hidráulico y de lubricación según lo indicado

- **Información de proveedores.**

La información de proveedores puede ser catálogos de trituradoras de rodillos, planos preliminares que facilita el proveedor, planos de referencia de otros proyectos y cuando no se tiene ninguna información de acuerdo a los catálogos dibujamos estas trituradoras y con esto podemos empezar a dimensionar nuestro edificio.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que en determinado los podemos mover.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de trituración primaria estos diagramas de proceso contienen la siguiente información (ver figura 4.3):

- Los equipos el principal y los equipos periféricos necesarios para el correcto funcionamiento de la trituradora.
- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

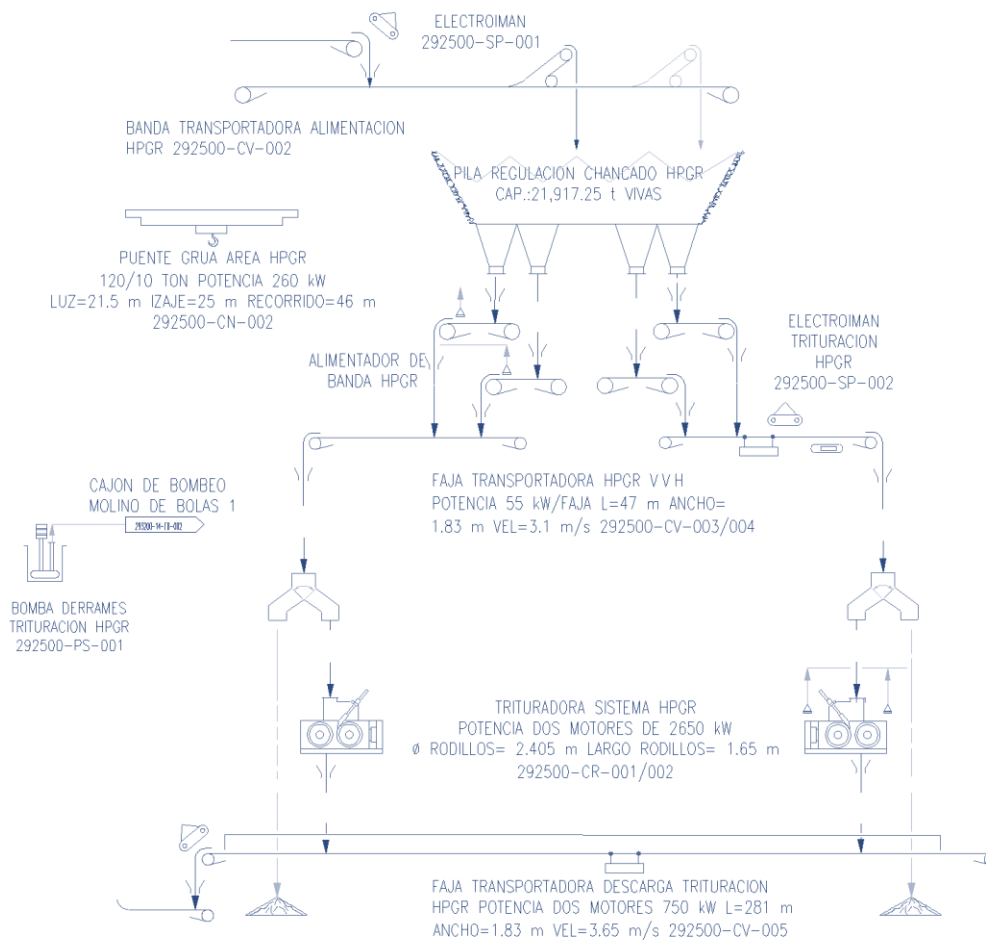


Fig. 4.5. Diagrama de flujo de trituración terciaria (archivo personal)

Para el diseño del edificio sabemos por medio de los diagramas que la descarga se hará por medio de una banda transportadora que tiene un carro repartidor para formar una pila de material.

- Esta pila de almacenamiento y regulación se da de acuerdo a la petición del cliente de cuanto tiempo de autonomía requiere.

El tiempo requerido lo dan de acuerdo al tiempo de mantenimiento de equipos de procesos anteriores a este y se pueda entregar la producción que se requiere diariamente.

- Esta pila de almacenamiento requiere una edificación para poder cubrirla y así evitar la polución, además de soportar el carro repartidor de la banda.
- En la base de concreto de esta pila se encuentran cuatro bocas de descarga con lanzas para regular el flujo de salida. Estas bocas de descarga llevan placas embebidas al concreto para poder meter placas anti-desgaste intercambiables, además de hacer un escalonamiento para que puedan tener su cama de piedra para evitar daños a la boca de descarga.
- Las bocas de descarga se conectan a los chutes de los alimentadores de banda.
- Los chutes de los alimentadores serán realizados por el proveedor de los alimentadores, nosotros dimensionamos la brida donde se conectará el chute y el proveedor trabajará en base a lo nosotros indiquemos en los planos.

Debajo de la pila de almacenamiento se tienen dos túneles donde se encuentran los alimentadores de banda y las bandas a las cuales descargan los alimentadores.

- Dentro del túneles se coloca una plataforma para soportar, operar, y dar mantenimiento a los alimentadores de banda y debajo de esta plataforma se encuentra el transportador de banda que será alimentado

- Se coloca un polipasto para poder retirar los elementos de los alimentadores y de las bandas en dado caso que se le tenga que hacer mantenimiento

A la descarga de las bandas que salen del túnel se diseña un chute pantalón, para el diseño de este chute se consideró los siguientes puntos:

- Este chute funciona de la siguiente manera cuando algún metal extraño que no es de proceso va por la banda es detectado por un sensor el chute desvía el material por una de sus dos salidas una de ellas es introducida a la banda y la otra va al chute de alimentación del HPGR.
- Este chute se diseña con las placas anti-desgaste intercambiables y con cama de piedra para proteger el chute de la abrasión e impactos que pueden dañarlo.

El flujo de material que va al HPGR pasa por una tolva de alimentación móvil que la da el proveedor en nuestro caso solamente se colocan las vigas de donde estará colgado este chute, para el diseño del área de instalación del hogar se siguieron los siguientes puntos:

- La ubicación y tamaño de pernos de anclaje del HPGR se sacaron de los planos del proveedor y los transportamos a nuestra losa de cimentación.
- De igual manera la ubicación de los pernos de anclaje del sistema motriz se saca de los planos del proveedor
- En la losa de cimentación de HPGR se dejó espacio suficiente para las maniobras de operación y mantenimiento.
- Para retirar los rodillos del HPGR se deja un espacio libre sin interferencias para poder alzarlo y llevarlo al camión articulado.

Para este edificio se contempla una grúa de con capacidad de 120 toneladas y un gancho auxiliar de 10 toneladas, esta capacidad de grúa se determinó por el peso del rodillo del HPGR el cual tiene un peso de 112 toneladas.

- Para esta grúa se consideraron pasillos de mantenimiento

- La altura de la grúa es determinada por el equipo que se encuentre en un nivel superior a los demás y tenemos que trazar la maniobra del recorrido del equipo hasta el lugar donde se va a descargar el equipo para no tener interferencias de ningún tipo.
- Debemos revisar si con el desplazamiento de la grúa podemos alcanzar los equipos que tengamos contemplados mover con esta.

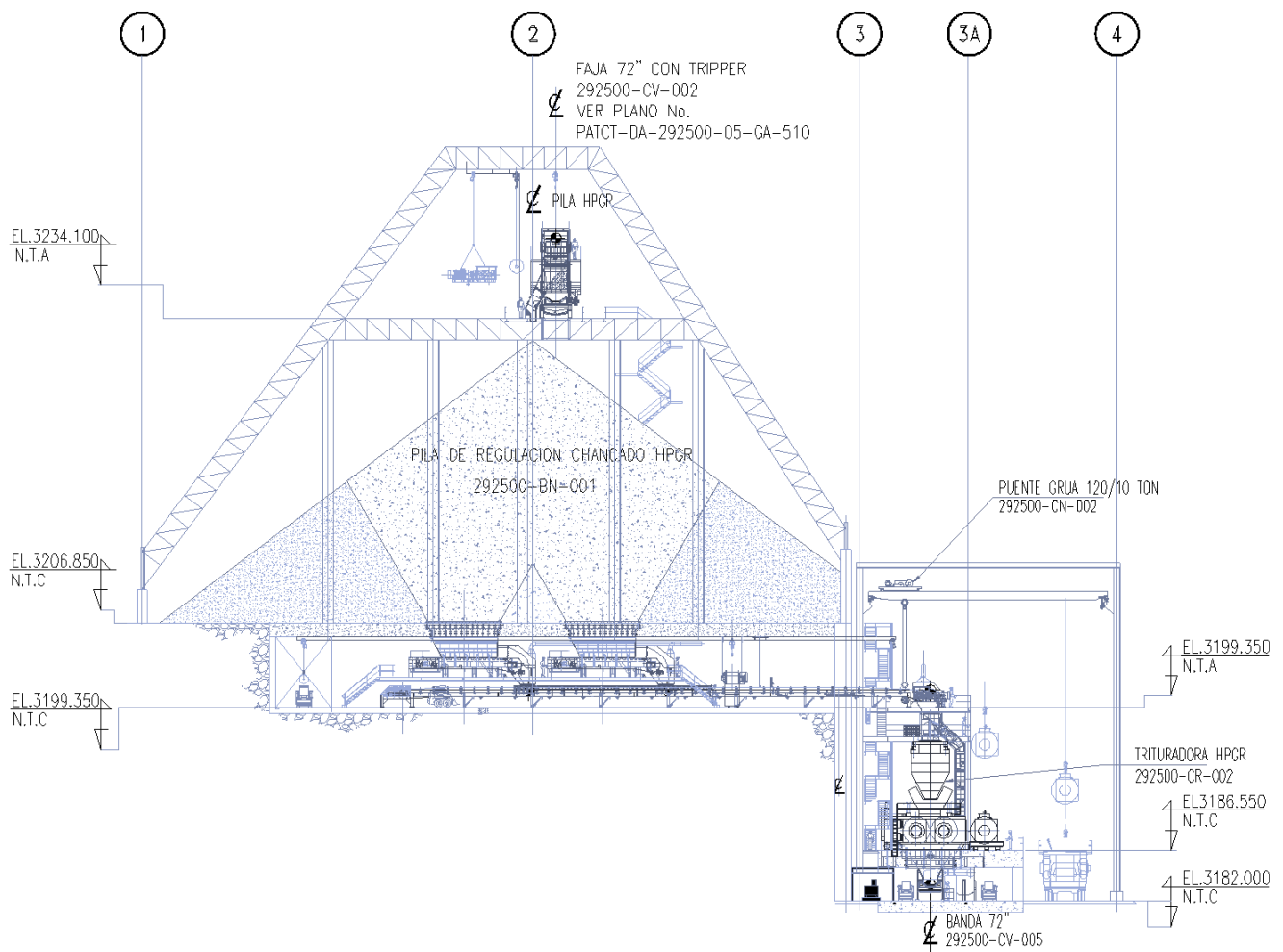


Fig. 4.6. Disposición general de edificio de trituración terciaria HPGR (archivo personal)

CAPITULO V.- MOLIENDA.

La molienda es una operación de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. Los productos salidos de molienda son más pequeños y de forma más regular que los salidos de trituración.

Se utiliza fundamentalmente en la fabricación de cemento Portland y en la concentración de minerales ferrosos y no ferrosos. En cada uno de estos casos, se procesan en el mundo, alrededor de 2.000 millones de toneladas por año.

También se utilizan en la preparación de combustibles sólidos pulverizados, molienda de escorias, fabricación de harinas y alimentos balanceados, etc.

En este edificio se molera el material para alcanzar el tamaño en que la liberación del producto con valor se puede separar del que no lo tiene

5.1 EDIFICIO DE MOLIENDA.

En este edificio se llega a la reducción de tamaño finales y comienza el proceso húmedo ya que alberga 2 molinos de bolas de 24 pies de diámetro x 48 pies de largo, aquí en este proceso de molienda se añade agua al proceso.

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

Zarandas vibratorias

Las zarandas vibratorias serán diseñadas para servicio pesado y adecuados para la operación especificada.

Las zarandas serán inclinados u horizontales y consistirán de bastidor, bandejas, sistema vibrador y motor eléctrico.

El armazón de la zaranda será construido de acero de alta resistencia.

Las zarandas tendrán cabezales para esparcido para una presión de 5 bar por lo menos.

Molino de bolas

Los equipos serán instalados con adecuado espacio en plataformas para operación y mantenimiento. Las plataformas alrededor de los molinos de bolas serán robustas capaces de soportar el peso de los revestimientos y la maquina enlainadora.

El molino será de diseño del proveedor para el servicio específico. Las partes de reemplazo para componentes estándares serán de fácil disponibilidad.

Se considerarán guardas de seguridad removibles alrededor del perímetro del molino.

Batería de ciclones

La batería de ciclones estará dispuesta en forma circular, completa con un distribuidor de presión y con válvulas de aislación actuados neumáticamente. El número de ciclones y su tamaño serán definidos basados en el criterio de diseño del diagrama de flujo de proceso.

- **Información de proveedores.**

La información de proveedores puede ser catálogos de molinos, planos preliminares que facilita el proveedor, planos de referencia de otros proyectos y cuando no se tiene ninguna información de acuerdo a los catálogos dibujamos los molinos y con esto podemos empezar a dimensionar nuestro edificio.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que podemos mover si es necesario.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de molienda estos diagramas de proceso contienen la siguiente información:

- Los equipos el principal y los equipos periféricos necesarios para el correcto funcionamiento los molinos, las zarandas, los ciclones
- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

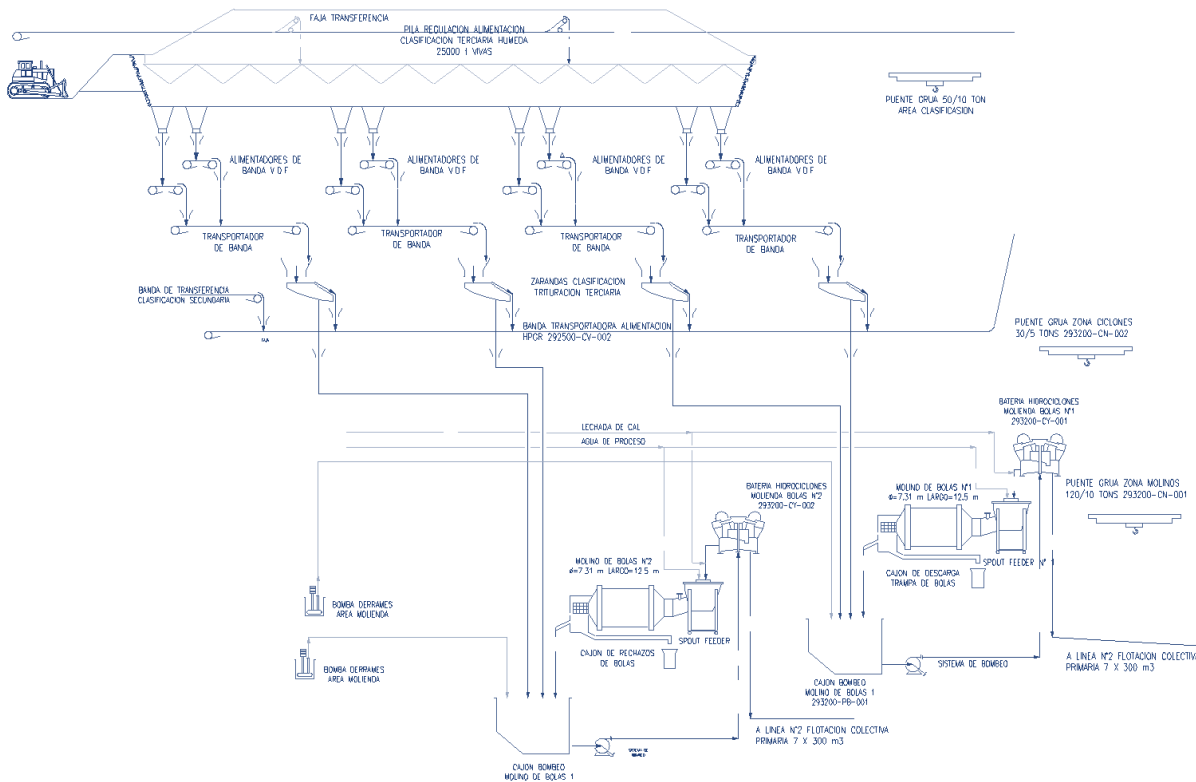


Fig. 5.1 Diagrama de flujo del área de remolienda (archivo personal)

Para el diseño del edificio sabemos por medio de los diagramas que la descarga se hará por medio de una banda transportadora que tiene un carro repartidor para formar una pila de material y seguimos los siguientes puntos para el diseño de esta pila:

- Esta pila de almacenamiento y regulación se da de acuerdo a la petición del cliente de cuanto tiempo de autonomía requiere.
El tiempo requerido lo dan de acuerdo al tiempo de mantenimiento de equipos de procesos anteriores a este y se pueda entregar la producción que se requiere diariamente.
- Esta pila de almacenamiento requiere una edificación para poder cubrirla y así evitar la polución, además de soportar el carro repartidor de la banda.
- En la base de concreto de esta pila se encuentran ocho bocas de descarga con lanzas para regular el flujo de salida. Estas bocas de descarga llevan placas embebidas al concreto para poder meter placas anti-desgaste intercambiables, además de hacer un escalonamiento para que puedan tener su cama de piedra para evitar daños a la boca de descarga.
- Las bocas de descarga se conectan a los chutes de los alimentadores de banda.
- Los chutes de los alimentadores serán realizados por el proveedor de los alimentadores, nosotros dimensionamos la brida donde se conectará el chute y el proveedor trabajará en base a lo nosotros indiquemos en los planos.

Debajo de la pila de almacenamiento se tienen cuatro túneles donde se encuentran los alimentadores de banda y las bandas a las cuales descargan los alimentadores.

- Dentro del túneles se coloca una plataforma para soportar, operar, y dar mantenimiento a los alimentadores de banda y debajo de esta plataforma se encuentra el transportador de banda que será alimentado

- Se coloca un polipasto sobre una viga monorriel con salida del túnel para poder retirar los elementos de los alimentadores y de las bandas en dado caso que se le tenga que hacer mantenimiento.

A la descarga de las bandas transportadora diseñamos un chute que se conecta a la brida del chute de la banda transportadora.

- El proveedor de la banda transportadora entregara el chute de acuerdo a las dimensiones de brida que se encuentra en nuestros planos.
- Al chute se le adicionaran boquillas de entrada para alimentarlo con agua a presión para que se empiece a formar una pulpa, este chute será recubierto con placas anti desgasté para evitar la abrasión.
- En la descarga de este chute se colocará un faldón de hule para que el material que sale no salpique fuera de la zaranda.

La zaranda es un alimentador vibratorio que clasifica el material en fino y en grueso, en esta área consideramos grueso al material de más de media pulgada y fino al material menor a media pulgada para el diseño del edificio se consideran los siguientes puntos para la instalación de las zarandas:

- Esta zaranda tendrá un cabezal de agua para esparcido del material y forzarlo a que pase a través de las mallas
- La zaranda se tiene que colocar en una estructura independiente al edificio principal para no transmitir vibraciones.
- Debemos de tener espacios de mantenimiento y operación de todos sus componentes para esto se hacen plataformas para poder tener acceso a la flecha, a la unidad motriz, y las mallas que clasifican el material, porque estos elementos son los que sufren mayor daño y se tienen que cambiar o reparar.
- Ningún chute o elemento rígido que no pertenezca a la zaranda deberá estar retirado por lo menos 157mm porque al momento de paro de la zaranda hace movimientos excéntricos que pueden golpear a los demás elementos

- Las uniones de los chutes a las zarandas deberán de ser flexibles, estos pueden ser de hule.

En la descarga de la zaranda hay dos chutes uno de ellos lleva los gruesos a la banda transportadora para recircular el material a trituración terciaria para que vuelva a ser triturado y el otro chute lleva los finos mezclados con agua que son descargados a un cajón de bombeo para el diseño consideramos los siguientes puntos:

- Que se soporten en la plataforma donde están instaladas las zarandas para un fácil desalojo de estas.
- Que sean de acero, que tengan planchas anti-desgaste intercambiables apernadas, para evitar la abrasión del material, en estos chutes ya no se incluyen las camas de piedra esto por la adición de agua ya no dejaría que se formaran las camas de piedra.

La pulpa (agua más el fino recolectado) que se descarga en el cajón de bombeo se le da un minuto de residencia, para bombearlo a los ciclones. Para el diseño de este cajón consideramos los siguientes puntos:

- Se tiene que considerar el volumen y la altura de succión mínima que necesita la bomba para que no Cavite, estos datos los podemos tomar de una memoria de cálculo que realiza el departamento de proceso. De acuerdo al volumen dado por proceso dimensionamos el cajón. En este proyecto el cajón de bombeo es de 36.56 m³ y una capacidad de bombeo de 327m³/h
- El cajón deberá de tener una trampa contra derrames, esta consta de un pequeño cajón y un tubo que llega a nivel de piso.
- Este cajón se ubicará a nivel de piso, por sus dimensiones se propone una base de concreto para este.
- El cajón deberá tener deflectores para evitar que el material choque en la base del cajón y las paredes.
- El cajón será recubierto con goma o hule para evitar la abrasión.

- El cajón deberá de tener la base inclinada hacia la boquilla de succión de la bomba esto para evitar turbulencias en el cajón.
- Con la información del proveedor de la bomba podemos ubicar la base de la bomba y su anclaje con el plano sabemos que dimensión tiene y podemos dejar huecos en las plataformas para poder mover la bomba con la grúa.

La pulpa es bombeada a los ciclones, estos se encargan de hacer una clasificación del material el fino se va a flotación y el grueso entra al molino para la instalación de los ciclones seguimos los siguientes puntos

- Los ciclones deberán estar en un lugar alto para poder descargar por gravedad al carro alimentador de los molinos y los finos a las celdas de flotación.
- El proveedor nos da un plano preliminar de dos nidos de ciclones uno para cada línea, este nido de ciclones cuenta con un distribuidor el cual alimenta a cada uno de los ciclones, los ciclones descargan a dos tinas una es de gruesos y la otra es de finos.
- El nido de ciclones está dispuesto en una estructura de acero lo que tenemos que hacer es plasmar en los planos la ubicación de esta estructura para que el departamento civil lo tome en cuenta.
- La grúa que se dispone para los ciclones debe tener la altura suficiente para poder sacar uno de los ciclones o el nido completo de ciclones para su mantenimiento.

La pulpa que lleva los gruesos es enviada al carro alimentador del molino, este carro alimentador será provisto por el proveedor del molino. Para el diseño de la instalación del molino seguimos los siguientes puntos:

- este carro es un chute cerrado que tiene una entrada para la pulpa y otra para bolas de acero que se adicionan para que el molino trabaje, este chute está fabricado para formar una cama de bolas para que estas reciban los impactos, además contiene placas anti-desgaste para evitar la abrasión.

- Este carro tiene ruedas de acero para poder ser removido para que pueda entrar la enlainadora a cambiar las laines(placas de desgaste que van apernadas al molino) una vez que se desgasten, para esto en la plataforma de mantenimiento y alimentación del molino se colocan unos rieles embebidos en la losa de acero para que el chute se retire cerca del molino se dejan pernos ahogados para poder fijar la enlainadora para cuando se cambien las laines, también se dejan unos huecos para asegurar el carro alimentador cuando el molino se encuentra en operación.

Una vez que recibe la pulpa el carro alimenta al molino, el molino es un cuerpo cilíndrico que está soportado en dos rodamientos y en su interior tiene laines (placas anti-desgaste), la unidad motriz es un gearless este trabaja como estator y el cuerpo del molino como rotor, es como si tuviéramos un motor de 24 pies de diámetro por 41 pies de largo. Para el diseño del área de este equipo seguimos los siguientes puntos:

- De los planos del proveedor colocamos en nuestros planos la cimentación del molino que tiene una altura de 11.5 metros X 15.4 metros de longitud. En esta cimentación debemos indicar todos los anclajes que se usaran para fijar el molino.
- La plataforma de operación y mantenimiento debe estar por debajo del centro del molino 2 metros que es la altura que se usara para ubicar el carro alimentador.
- En la plataforma de operación indicamos un barandal perimetral para el molino y así evitar accidentes ya que es un equipo en movimiento.
- Esta plataforma será capaz de soportar la enlainadora (máquina que nos ayuda a introducir las laines al molino o sacarlas, el peso aproximado de las laines es de 500 kg) y también será capaz de soportar la máquina saca pernos.
- En esta plataforma se instalará el chute de descarga del molino, este chute debe estar diseñado para recibir la descarga del molino y mandar la pulpa al cajón de bombeo por medio de una canaleta, además tendrá una trampa

de bolas y las descargará a un cajón pequeño que se encuentra a nivel de piso.

- Cerca del molino se instalarán los transformadores, la e-house que es una estación eléctrica y viene junto con el gearlees. Estos cuartos son alojados en el mismo edificio
- Las unidades de lubricación del molino. Las unidades hidráulicas deben estar cerca del molino a cierta distancia que propone el proveedor el alejarlas implicaría mayor potencia para las bombas de estas unidades.
- Y el sistema de enfriamiento los cuales son chillers

Todos estos equipos se encontrarán alojados en una edificación que soportara todas sus plataformas de mantenimiento y operación de todos los equipos. Este edificio tendrá tres grúas para el mantenimiento e instalación de equipos. En los siguientes puntos se dan las consideraciones para estas.

- El edificio se dividido en tres secciones para no tener una grúa con un claro grande, esto complicaría el diseño de la grúa.
- Cada sección del edificio alberga una grúa, para la sección donde se encuentran las zarandas, cajones de bombeo y chutes de descarga de los transportadores se colocó una grúa de 60 toneladas con un gancho auxiliar de 10 toneladas ya que el elemento con mayor peso era la bomba del cajón con un peso de 57 toneladas.

La segunda grúa está en la sección de molinos y se proyectó para que esta grúa sirva para la instalación de los molinos, el peso de una sección del molino su peso es de 90 toneladas así es que se decidió colocar una grúa de 120 toneladas con un gancho auxiliar de 10 toneladas.

La tercera grúa está en la sección de los ciclones y el área de la enlainadora, esta tiene un peso de 16 toneladas y se proyectó una grúa de 20 toneladas con un gancho auxiliar de 5 toneladas.

Todas las grúas se proyectaron con pasillos de mantenimiento.

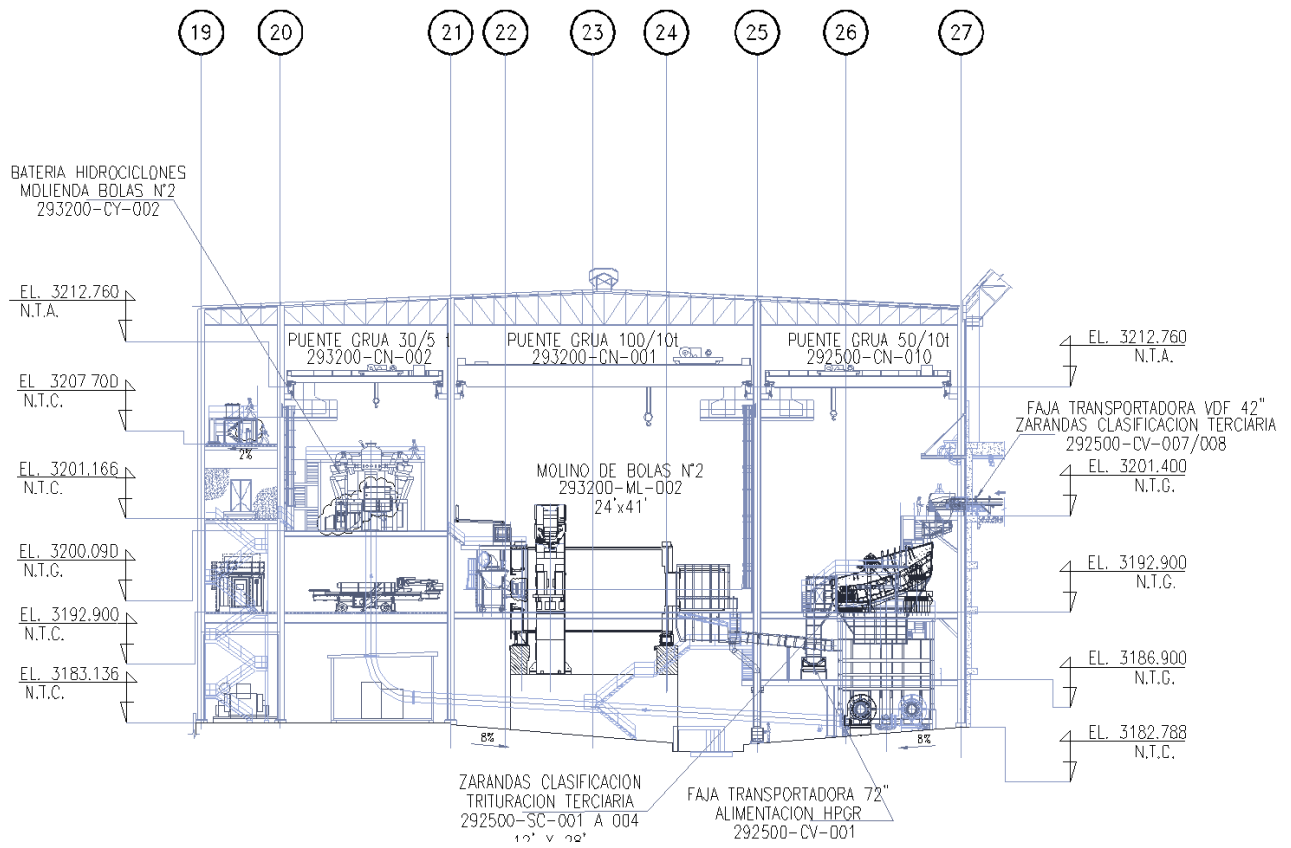


Fig.5.2 Edificio de molienda (archivo personal)

CAPÍTULO VI. - FLOTACIÓN.

En el edificio de flotación se lleva a cabo el proceso de separar el material de valor del que no lo tiene, esto se logra usando celdas de flotación y reactivos que ayudan a flotar el material o a mandarlo al fondo de la celda, para esto se diseña un circuito de celdas de flotación para realizar todo este proceso y del material que no se alcanzó a liberar se manda a una remolienda para poder liberarlo y pasa a una re limpieza en el circuito de las celdas de flotación para separar el mineral con valor del que no lo tiene ya una vez separado el material se manda a los espesadores de concentrado para quitarle el exceso de agua al concentrado y el material sin valor es mandado a los espesadores de relaves, en estos se recupera el agua y se desechan los relaves en la presa de jales.

6.1. EDIFICIO DE FLOTACIÓN.

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

- **Celdas de flotación**

Las celdas de flotación, los cajones de alimentación, conexiones, cajones de descarga y componentes de equipos en contacto con agentes abrasivos u/o corrosivos deben ser protegidos mediante pintura o engomado, el que debe ser especificado por el vendedor.

Las celdas y cajones deben ser fabricadas en acero ASTM-A36. Las planchas deben tener suficiente rigidez para reducir al mínimo posible la deflexión debido a la presión interna.

El proveedor deberá suministrar toda la instrumentación que permita garantizar una operación segura, óptima y confiable de las celdas.

Las canaletas para concentrado deben ser revestidas internamente con goma para su protección. Ellas deben tener la profundidad y peralte suficiente para transportar la espuma.

La inclinación de la canaleta debe ser de 5 % como mínimo.

Los materiales para revestimiento deben ser especificados y seleccionados de acuerdo con el estándar ASTM-D-2000.

Los rotores y ejes deben ser balanceados estática y dinámicamente para minimizar las vibraciones. Los rodamientos deben ser del tipo antifricción sellados con un factor de vida mínimo L10 de 80 000 horas.

Los sistemas motrices deben ser recomendados por el proveedor.

Las celdas de flotación serán de tipo auto-aspirante o con aireación forzada, según se requiera.

Compresores de aire

Se deberán tomar consideraciones especiales para la operación de los compresores de aire. A la altitud de la planta (indicada en el documento “Condiciones del Sitio”), la presión manométrica deberá permanecer constante para la mayor cantidad de aplicaciones (masa constante).

Al mantener la presión manométrica constante, si la presión ambiental disminuye con el incremento de la altitud, la razón de compresión deberá aumentar, la que deberá ser especificada para cumplir los requerimientos.

Dependiendo de la calidad de aire requerido: Para instrumentación, Aire de Planta, etc., se incorporarán equipos que permitan cumplir con el servicio requerido: Filtros, secadores, acumuladores, etc. Información de proveedores.

- La información de proveedores

La información de proveedores puede ser catálogos de alimentadores, planos preliminares de los alimentadores que se van a usar, cuando no tenemos información de proveedores debemos:

Realizar cálculos para verificar el tonelaje que maneja, esto para determinar un ancho, el tamaño y tipo de transmisión que llevara

Buscar información en diferentes medios como son internet, catalogo, información usada en otros proyectos.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que podemos mover si es necesario.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de flotación estos diagramas de proceso contienen la siguiente información:

- Los equipos el principal y los equipos periféricos necesarios para el correcto funcionamiento las celdas, cajones de bombeo, molinos de remolienda
- El tag o rúculo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

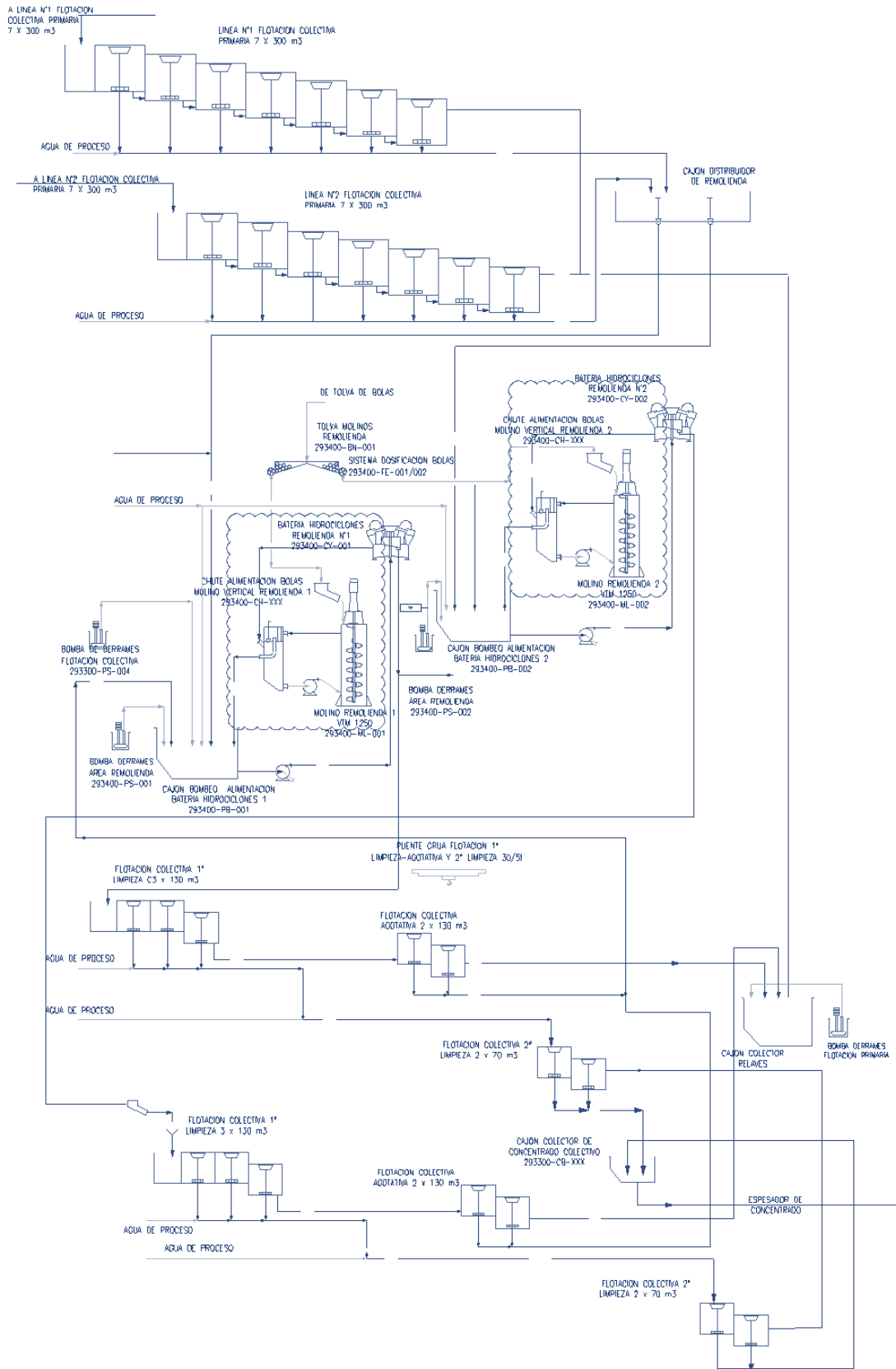


Fig. 6.1. Diagrama de flotación y remolienda (archivo personal)

Para el diseño de este edificio sabemos que la pulpa llega por medio de dos tuberías hacia dos circuitos iguales de flotación primaria, para el diseño seguimos los siguientes puntos:

- Ver si el circuito se puede alimentar por gravedad y descargar por gravedad, en este caso puede alimentar por gravedad y podemos instalar las celdas a nivel de piso con sus respectivas cimentaciones.
- De acuerdo al diagrama de flujo sabemos que las celdas son de 300m³ y el arreglo es 1+1+1+1+1+1+1, esto quiere decir que habrá un escalón entre cada celda, esta distancia de acuerdo al proveedor es de 800mm.
- En el piso se coloca el arreglo de siete celdas con un escalón entre ellas de 800 milímetros y una distancia de 8500mm entre centros de celdas.
Solo la base de la celda será horizontal el piso en ambos lados de las celdas deberá llevar una pendiente de 8%, esta sirve para que los derrames de las celdas cuando ocurre un mal funcionamiento, mantenimiento o corte de energía sean enviados a una bomba de piso y esta regrese el material al inicio del proceso.
- Estas celdas de proveedor vienen provistas de plataforma de mantenimiento y operación en la parte superior de la celda, por lo tanto, nosotros diseñamos un circuito de plataformas alrededor de las celdas para tener un fácil y rápido acceso a toda el área de flotación

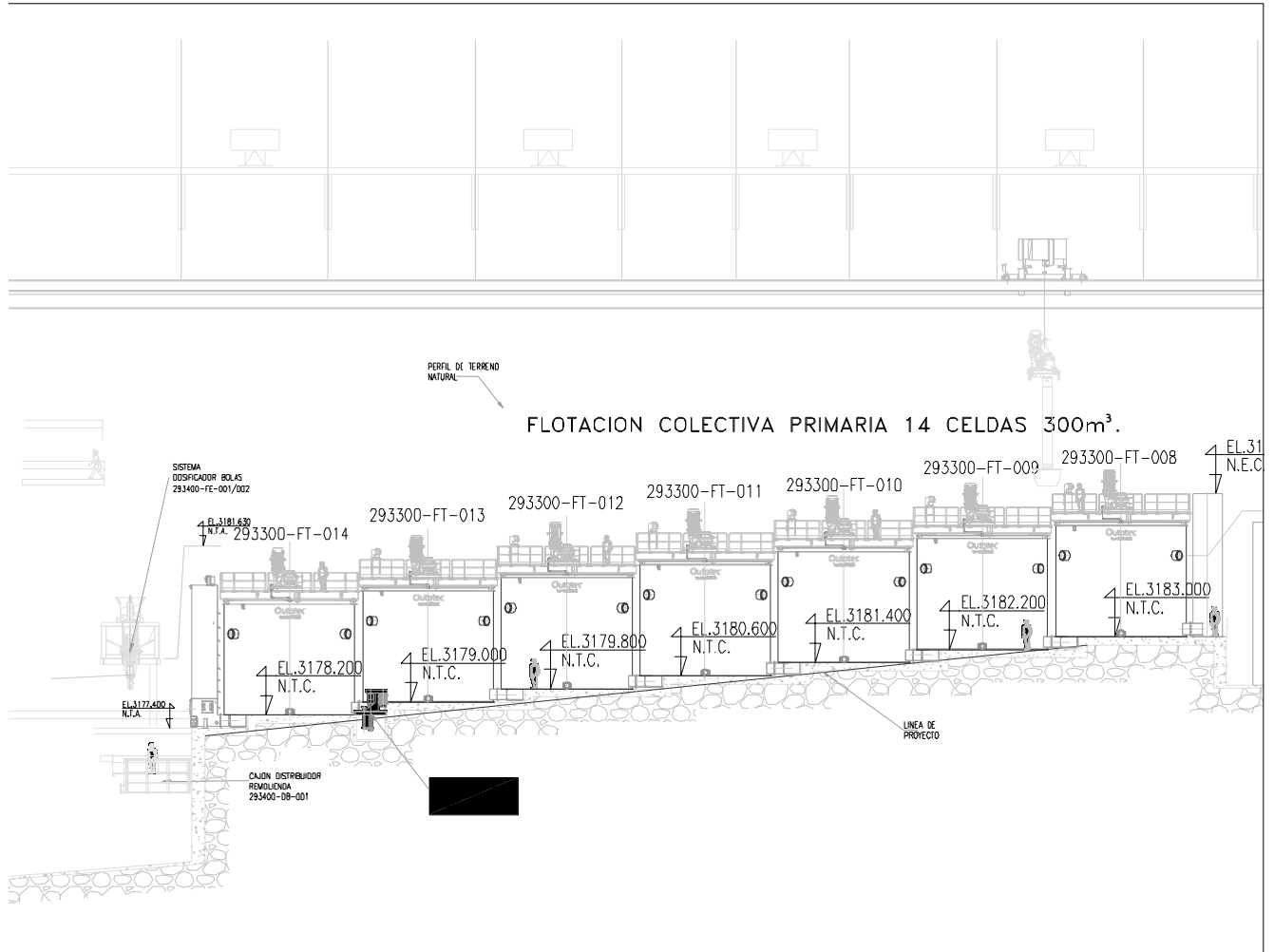


Fig. 6.2 Arreglo de celdas primarias de flotación (archivo personal)

El concentrado de las celdas va a un cajón distribuidor junto con el concentrado de las celdas de limpieza, y el relave o material sin valor va al cajón de relaves.

Para las celdas de primera limpieza y segunda limpieza para su diseño se tomaron los siguientes puntos;

- La alimentación de la primera limpieza viene de un cajón distribuidor, este cajón para este proyecto se dispuso en una plataforma por encima de las celdas para que descargue por gravedad, aquí debemos de tomar la pendiente mínima a la que la pulpa puede viajar por el tubo esto para determinar la altura correcta del cajón distribuidor.
- Con la altura que tenemos del cajón distribuidor y nuestra primera celda de primera limpieza colocada en posición empezamos el acomodo como lo

muestran los diagramas de flujo. De los planos de proveedor tenemos que la altura del escalón debe tener 800mm y 6700mm entre cada celda el primer arreglo de flotación colectiva primera limpieza es de 1+1, dos celdas de 130 m cúbicos.

Enseguida viene un circuito de flotación colectiva agotativa este arreglo se coloca enseguida de la primera limpieza como lo muestran los diagramas de flujo. De los planos de proveedor tenemos que la altura del escalón debe tener 800mm y 6700mm entre cada celda el primer arreglo de la flotación colectiva agotativa es de 1+1+1 con tres celdas de 130 metros cúbicos.

Por ultimo una flotación colectiva de segunda limpieza aquí los diagramas indican un arreglo de celdas de 1+1 y son celdas de 70 metros cúbicos a diferencia de los otros dos circuitos donde el circuito de primera limpieza alimenta por la parte inferior a la flotación colectiva agotativa ahora la agotativa debe alimentar a la segunda limpieza por la parte superior de la caja.

Al igual que en las celdas de primera flotación la cimentación donde se asientan las celdas es horizontal y en los costados de las celdas lleva sus pisos con pendiente de 8% para enviar el derrame a una piscina de derrames y por medio de una bomba vertical de sumidero mandarlo nuevamente al cajón distribuidor.

- Estas celdas de proveedor vienen provistas de plataforma de mantenimiento y operación en la parte superior de la celda, por lo tanto, nosotros diseñamos un circuito de plataformas alrededor de las celdas para tener un fácil y rápido acceso a toda el área de flotación.

El concentrado colectivo de la primera flotación es mandado al cajón distribuidor de remolienda y el relave es mandado al cajón de relaves.

El concentrado de la primera limpieza y la agotativa se van al cajón distribuidor de remolienda y las colas se van al cajón recolector de relaves.

En tanto el concentrado de la segunda limpieza se va al cajón colector de concentrado colectivo, este se va por gravedad hacia el espesador de concentrado colectivo. Y las colas se van al cajón distribuidor de remolienda, este cajón distribuye a dos cajones de bombeo, este material es bombeado a los ciclones de remolienda para clasificarse, el grueso es mandado a los molinos verticales de remolienda y el fino se manda al cajón distribuidor que alimenta a la primera limpieza de flotación colectiva para el diseño del área de remolienda se consideraron los siguientes puntos:

- para el diseño e instalación del cajón distribuidor de remolienda tomamos en cuenta que las líneas que llegan de flotación van por gravedad por lo tanto el cajón debe estar por debajo de estas líneas.

El cajón distribuidor alimentara por gravedad a los cajones de bombeo que mandan la pulpa a los ciclones para ser clasificada el fino es enviado a un cajón de bombeo para ser mandado al cajón distribuidor de la primera limpieza.

El volumen del cajón distribuidor lo da proceso y el departamento mecánico se encarga de dar las dimensiones del cajón a conveniencia del área que se maneje

El material grueso es molido en los molinos de remolienda la descarga del molino va al cajón de bombeo de los ciclones para ser clasificado.

- Para la instalación de los molinos de remolienda, tomamos los planos del proveedor donde nos recomiendan un arreglo del molino con todos sus periféricos para su correcto funcionamiento.

Nosotros diseñamos las plataformas de operación y mantenimiento por ejemplo donde se encuentra la transmisión debemos dejar una plataforma de mantenimiento, alrededor de las boquillas de carga de bola y carga del material debemos de tener otra plataforma.

- La instalación de los ciclones debe quedar en alto para poder alimentar a los molinos y a al cajón de bombeo que alimentara al cajón distribuidor de las celdas de flotación de primera limpieza.

6.2. AREA DE ESPESADORES.

En el área de espesamiento se le retira el exceso de agua por medio de espesadores en este equipo el material se sedimenta por el propio peso del material y se le adicionan floculantes para que el proceso sea en un menor tiempo ya que el proceso es continuo, ya una vez el material en el fondo del espesador es empujado por las rastras y sale por la descarga y es guiado por un tubo a un cajón y en la parte superior del cajón tiene un canal y es por este donde desborda el agua y es mandado a un tanque de agua recuperada. Para el diseño del área de espesamiento seguimos los siguientes puntos:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

Espesadores.

Los espesadores de relaves serán de alta capacidad o de pasta, según se requiera. Se incluirá un feedwell central, cuyo diseño considere un sistema de dilución natural o forzada, para permitir una adecuada mezcla de la pulpa con el floculante adicionado.

Dependiendo de su diámetro (<45 m), el tanque y la estructura soportante serán fabricados de acero. Incluirá columnas verticales, vigas y refuerzos. Incorporará fundaciones independientes por cada columna vertical.

Para grandes diámetros se considerarán tanques de concreto, soportados sobre terreno. La altura del manto del tanque estará definida por las características del material que se requiera obtener en la descarga inferior (underflow).

Se considerará una unidad motriz central, un eje motriz o columna central dependiendo del diámetro del espesador, un sistema de rastras con diseño de bajo arrastre, y un sistema de levante automático de rastras. Se considerará un sistema bomba hidráulica de respaldo y/o algún

componente crítico del motor hidráulico como repuesto para evitar la parada total del equipo en caso de desperfecto de esta unidad motriz principal.

Para espesadores de alta capacidad el ángulo del fondo será de 11° a 14° , con un alto de pared de 4 m a 6 m y el porcentaje de sólidos en la descarga será de 55% a 65%.

Para espesadores de pasta el ángulo del fondo será de 30° a 45° , con un alto de pared superior o igual a 10 m y el porcentaje de sólidos en la descarga será de 60% a 67%.

Los espesadores de concentrado serán de alta capacidad o convencionales y considerarán el mismo sistema de construcción que el descrito anteriormente.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que podemos mover si es necesario.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de espesadores estos diagramas de proceso contienen la siguiente información:

- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

El área de espesadores se divide en dos un área de espesadores es la que quita el exceso de agua del material con valor y la segunda área es la que quita el exceso de agua del material sin valor.

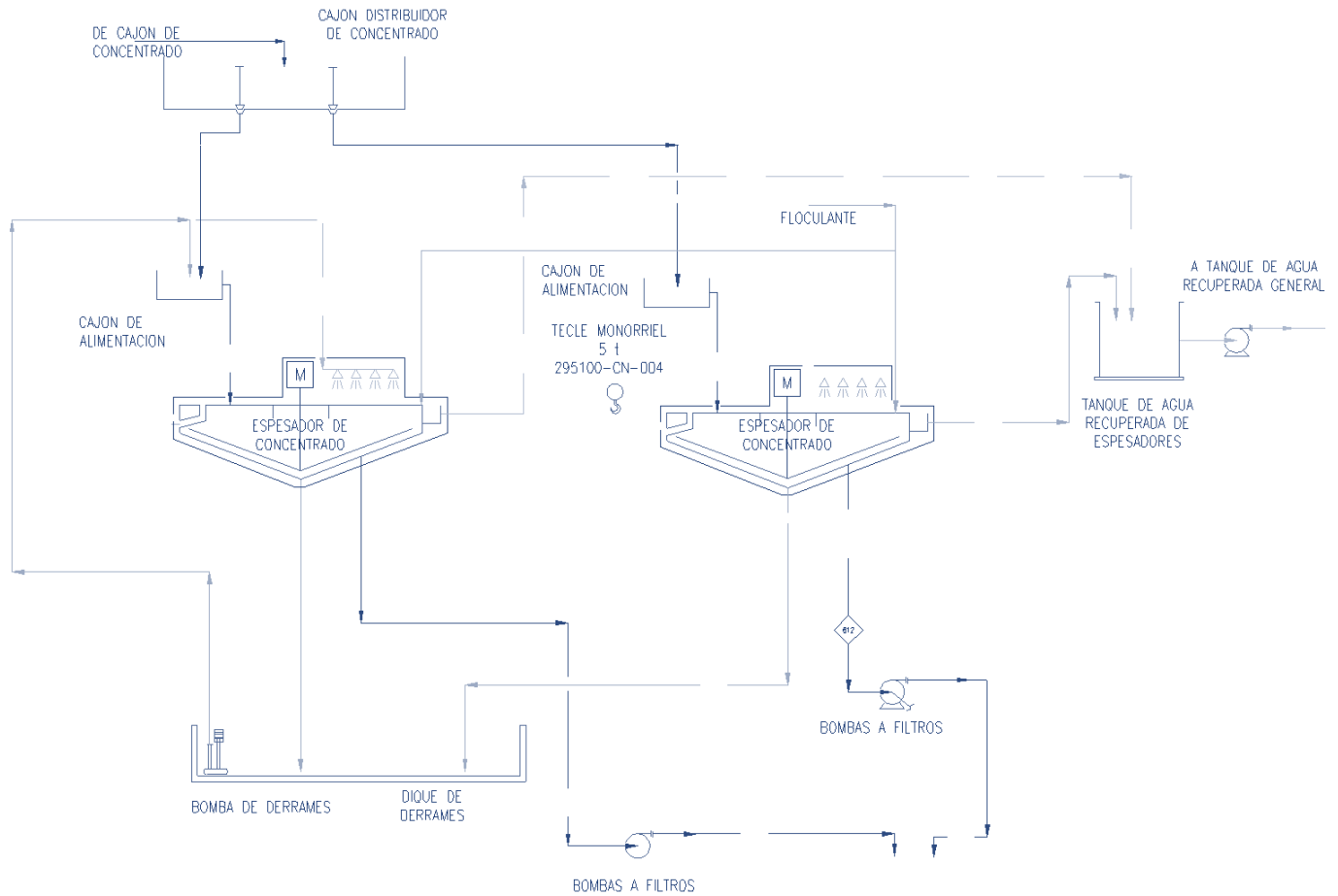


Fig. 6.3. Diagrama de proceso espesadores de concentrado (archivo personal)

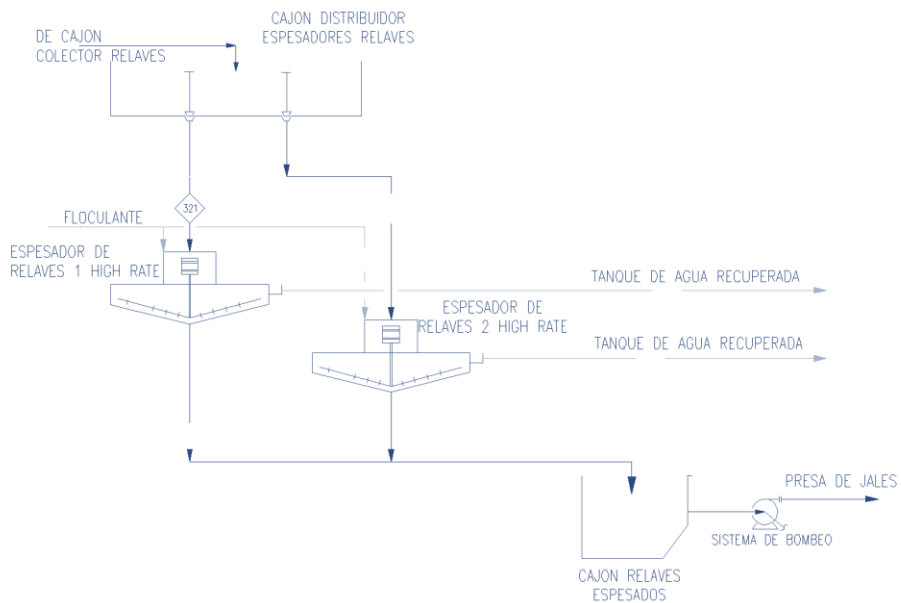


Fig. 6.4 Diagrama de proceso espesadores de relaves (archivo personal)

El recuperar agua del proceso es importante porque el gasto de agua es importante. Toda el agua recuperada se introduce al proceso nuevamente.

Área de espesadores de concentrado (material con valor).

Esta área de espesadores ubicada a una altura por debajo de la línea de tubería de 10" que sale del edificio de flotación y remolienda, para el diseño de esta área seguimos los siguientes puntos.

- La línea de tubería que llega del edificio de flotación viene bajando con 1.1% de pendiente para llegar a un cajón distribuidor que se encuentra en una torre en un lugar estratégico para alimentar a dos espesadores de 35 metros de diámetro
- El cajón distribuidor debe ser capaz de distribuir con un flujo idéntico a cada uno de los espesadores o alimentar a uno solo cuando el otro salga de operación, este cajón es de paso y será capaz de desalojar la pulpa mientras esté operando un solo espesador.

Las líneas de tubería que salen de este cajón deben de tener el 1.1% de pendiente esto para que la pulpa mantenga un flujo constante.

- Las tuberías con la pulpa de concentrado llegan a un cajón del espesador junto con los polímeros para su sedimentación.

Los espesadores se encuentran sobre una estructura metálica montada en una cimentación calculada para soportarlos. El piso debajo de los estos deberá tener una inclinación del 8% de pendiente guiada a las bombas de derrame, los espesadores estarán delimitados por un área para contener un volumen igual al de los dos espesadores al 100%.

- En esta área está dispuesto un cuarto donde se preparan los floculantes para después dosificarlos a los espesadores por medio de bombas dosificadoras, este cuarto debe de tener un área de almacén del floculante para alimentar a los espesadores por lo menos una semana.
- La descarga de los espesadores llegara a un cajón de bombeo, este cajón de bombeo tiene una bomba horizontal para lodos y manda el concentrado al edificio de filtros.

Área de espesadores de relaves (material sin valor).

De igual manera el material sin valor que viene de flotación y remolienda viene bajando en una línea de tubería de 30" con una pendiente de 1.1% para que el flujo sea constante, para el diseño de esta área seguimos los siguientes puntos:

- La línea de tubería que llega del edificio de flotación viene bajando con 1.1% mínimo de pendiente para llegar a un cajón distribuidor que se encuentra en una torre en un lugar estratégico para alimentar a dos espesadores de 35 metros de diámetro.
- El cajón distribuidor debe ser capaz de distribuir con un flujo idéntico a cada uno de los espesadores o alimentar a dos cuando uno salga de operación, este cajón es de paso será capaz de desalojar la pulpa.

Las líneas de tubería que salen de este cajón deben de tener el 1.1% mínimo de pendiente esto para que la pulpa mantenga un flujo constante.

- Las tuberías con la pulpa de concentrado llegan a un cajón del espesador junto con los polímeros para su sedimentación.

Los espesadores se encuentran sobre una estructura metálica montada en una cimentación calculada para soportarlos. El piso debajo de estos deberá tener una inclinación del 8% de pendiente guiada a las bombas de derrame, los espesadores estarán delimitados por un área para contener un volumen igual al de los dos espesadores al 100%.

- En esta área se localiza un cuarto donde se preparan los floculantes para después dosificarlos a los espesadores por medio de bombas dosificadoras, este cuarto debe de tener un área de almacén del floculante para alimentar a los espesadores por lo menos una semana.

- La descarga de los espesadores llegara a un cajón de bombeo, este cajón de bombeo tiene una bomba horizontal para lodos y manda el material sin valor a la presa de jales como relleno.

6.3. AREA DE FILTROS.

A esta área llega el concentrado por medio de tubería a un pequeño cajón que es el que se encarga de distribuir la pulpa con un porcentaje de solidos de 60 a los filtros y este le retira el agua al concentrado hasta dejarlo con un 4% de humedad:

Paso 1 Revisar la información que se tiene:

- **Criterios de diseño:**

Filtros de concentrado.

Los filtros de concentrado para Cobre, Zinc, y Fierro serán del tipo Vertical Larox y serán diseñados para operar de manera continua 24 horas. Los filtros deberán poder transportar los concentrados a través de cada cámara por si solos, eliminando la asistencia manual.

El tipo de servicio de los filtros será pesado y de alta capacidad. El diseño debe garantizar el buen desempeño y simplificar las labores de mantenimiento.

Compresores de aire

Se deberán tomar consideraciones especiales para la operación de los compresores de aire a la altitud de la planta (indicada en el documento “Bases de diseño generales” (BD-1001); la presión manométrica deberá permanecer constante para la mayor cantidad de aplicaciones (masa constante).

Al mantener la presión manométrica constante, si la presión ambiental disminuye con el incremento de la altitud, la razón de compresión deberá aumentar, la que deberá ser especificada para cumplir con los requerimientos.

Dependiendo de la calidad de aire requerido, para instrumentación, Aire de Planta, etc., se incorporarán equipos que permitan cumplir con el servicio requerido: filtros, secadores, acumuladores, etc.

Paso 2 Realizar planos de arreglo general y de detalle.

Para la realización de los planos de detalle tomamos los arreglos de ingeniería básica que ya cuenta con un arreglo preliminar del edificio y con puntos de trabajo que podemos mover si es necesario.

Tomamos los diagramas de proceso de esta área que contienen información sobre el proceso del área de filtros estos diagramas de proceso contienen la siguiente información:

- El tag o rútilo de identificación de los equipos.
- El balance de material y las características del material en esta área.
- El porcentaje de utilización para el equipo principal.

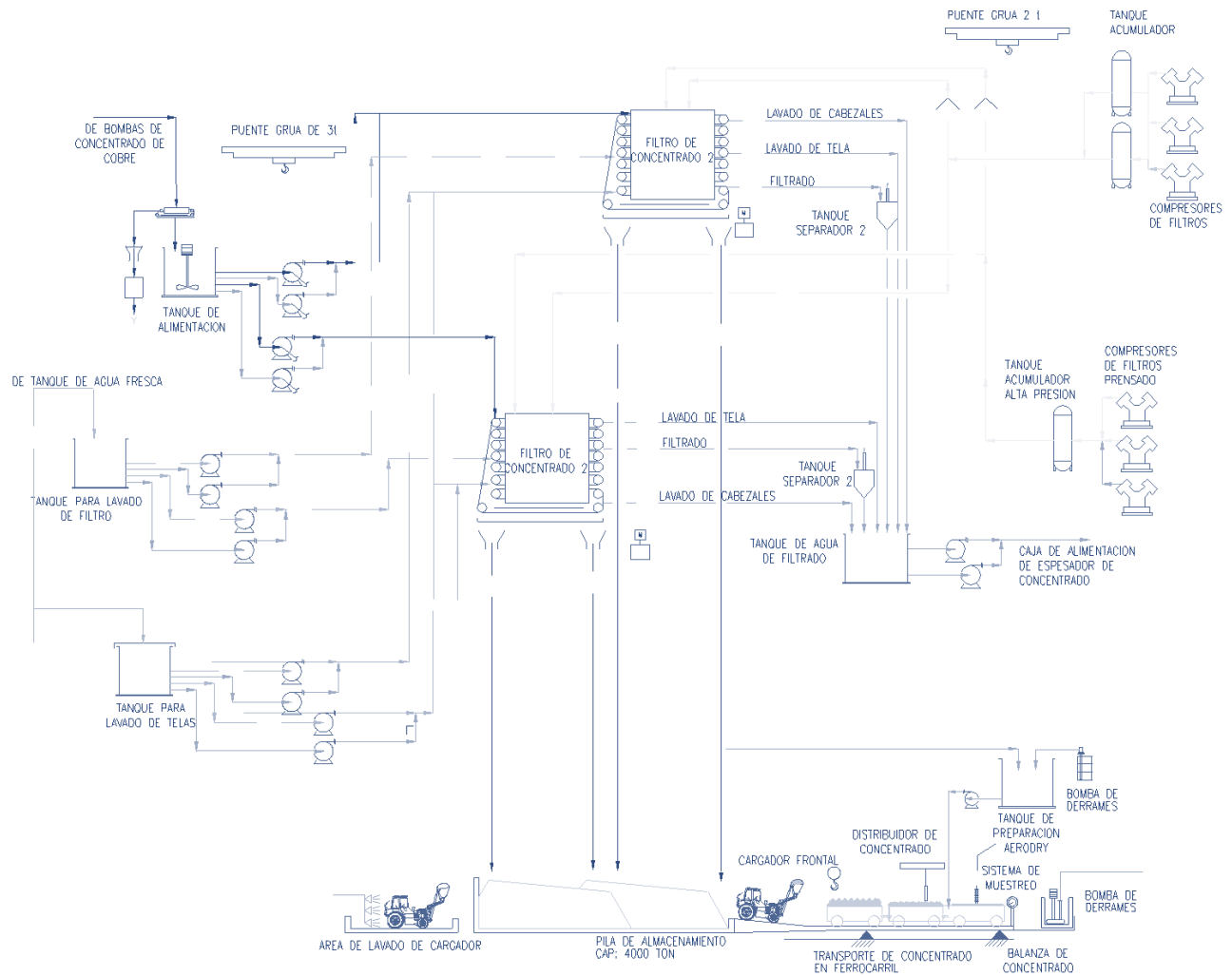


Fig. 6.5. Diagrama de proceso de filtros (archivo personal)

Como nos muestra el diagrama de filtros, la alimentación del material viene de los espesadores de concentrado y llega al tanque de alimentación y aquí es enviado a los filtros, para el diseño de esta área seguimos los siguientes puntos:

- Como primer punto los tanques de lavado y de alimentación de materia se colocan en un área de tanques para tener un buen acomodo. esto se hace para dar mantenimiento a todas las bombas con un solo tecla y todas las bombas de los tanques pueden quedar en un solo nivel y utilizar solo una bomba de derrame.

Para el diseño de estos tanques proceso no indica el volumen de cada uno de los tanques y nosotros de acuerdo al área que tenemos dimensionamos los tanques de acuerdo al requerimiento de cada uno de estos.

- En el área de los filtros se pide descargue sobre un piso para formar pilas para que posteriormente llegue el cargador frontal y cargue las góndolas para llevarlas a su destino.

La altura de filtros está determinada por la capacidad de almacenamiento de las pilas de concentrado, en este caso proceso nos pide una pila de 1000 toneladas métricas, por el Angulo de reposo de 35° del material nos da una pila de altura de doce metros, de esta altura hacia arriba partimos para dar el nivel al cual deben estar los filtros.

Los filtros los colocamos sobre una losa de concreto que debe de llevar una serie de huecos, donde salen las descargas de los filtros, huecos para tubería de aire para instrumentos, agua, aire de alta presión e hidráulicos.

Todo el mantenimiento se hace sobre la losa donde están soportados los filtros.

La grúa servirá para dar mantenimiento a los filtros, la altura de esta grúa se determina de acuerdo a los arreglos del proveedor, porque en estos arreglos están las dimensiones mínimas necesarias para mantenimiento.

- La base de concreto que soporta las pilas de concentrado lleva una pendiente de 0.5% está pendiente lleva a un cárcamo donde la bomba puede llevar todo esto al cajón de alimentación del espesador.

Esta base se encuentra a tres metros de altura con respecto a las vías del ferrocarril, esta altura está determinada por la altura de la góndola.

Para esta base deberá estar confinada por muros para contener las pilas de concentrado y tendrá un acceso para el cargador frontal.

- El área de carga de las góndolas el piso tendrá una pendiente de 0.5% de pendiente y estará dirigida a un cárcamo de derrames para cuando se tenga que lavar el área.

- El área de compresores para aire de instrumentación y de alta presión para el funcionamiento del filtro es responsabilidad del proveedor, nosotros colocamos el área determinada por el proveedor.

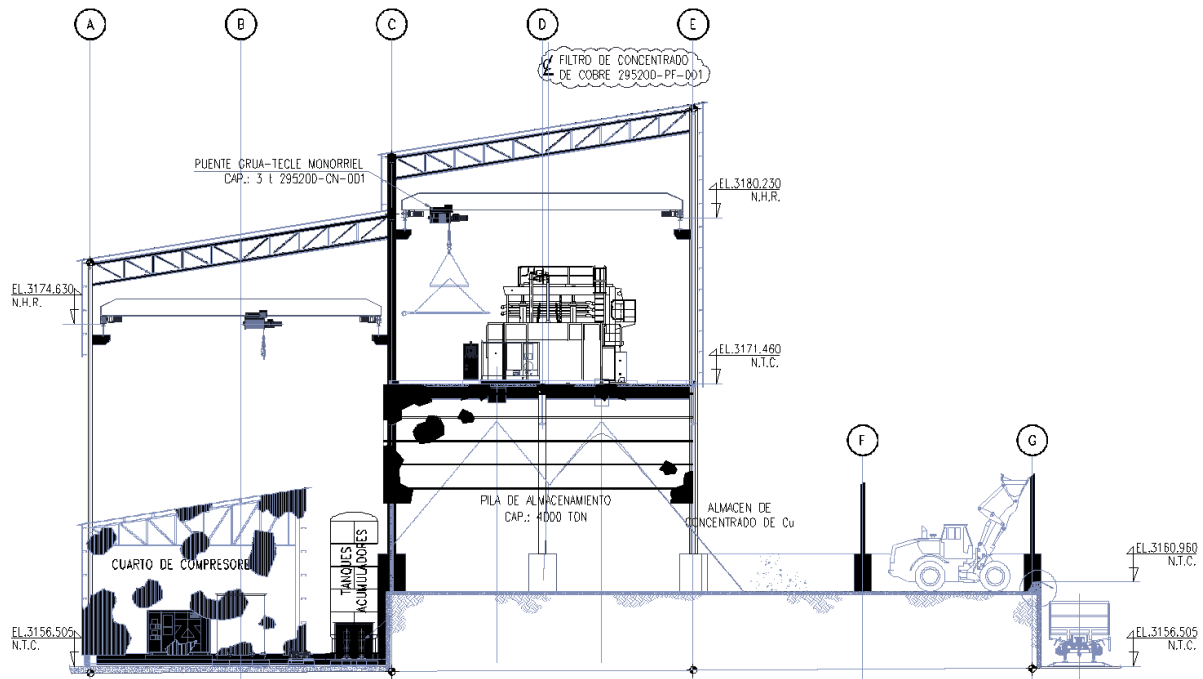


Fig.6.6 Edificio de filtros de concentrado (archivo personal)

CONCLUSIONES.

Conclusiones y/o recomendaciones.

El presente informe se elaboró con la finalidad de mostrar una visión práctica de la ingeniería en la industria, donde tenemos la posibilidad de desarrollar ingeniería para construir una planta de extracción de cobre que procese 60,000 toneladas métricas de material al día.

Hoy en día en la ingeniería, el uso de procedimientos nos permite tener estándares establecidos para una buena práctica de ingeniería, como es el procedimiento de ejecución de proyectos que nos permite llevar el proyecto paso por paso, esto permite tener un proceso eficaz de los entregables, evitando re-trabajos, tiempos muertos, análisis de la información. Este proceso permite conjuntar a las personas encargadas del proyecto y tener conocimiento de lo que se está haciendo, obliga a conocer la información del proyecto que se tiene en ese momento, en el proceso de ingeniería es importante que las diferentes disciplinas que tienen que ver con el proyecto se conjunten y trabajen con la información actualizada de cada disciplina y en el orden que se da en la planeación del proyecto, esto ayuda a trabajar en orden.

El trabajar con el procedimiento de ejecución de proyectos satisfizo múltiples objetivos dentro de la empresa fomentando la organización, el análisis de la información, la mejora de la eficiencia de los grupos de trabajo, la interrelación entre disciplinas.

El proceso del desarrollo de la ingeniería la información juega un papel importante para desarrollar cualquier proyecto, en este proyecto la información obtenida por medio de proveedores, información de referencia de otros proyectos, normas, la búsqueda de información, este manejo de la información fue determinante para la conclusión de los entregables en tiempo y forma. Por lo tanto, se concluye que con información preliminar se puede tener un 95% de los entregables ya que con estos se puede generar los edificios, con sus plataformas de operación y mantenimiento y todos sus periféricos para su buen funcionamiento, y el 5% restante se insertan

los planos certificados de proveedor, este 5% es ajustar cimentaciones puntos de anclaje, la ubicación de boquillas si este las requiriera, puntos de conexión de control, eléctricos, etcétera.

Por otra parte, el conocimiento de los equipos; como se integran, como se soportan, como operan, nos ayuda a generar un buen diseño ya que conocemos donde debe estar cada parte o cada periférico para que tengan una buena operación.

Por lo tanto, se concluye que la experiencia es determinante para elaboración de un buen diseño, también de esto se deduce que nosotros como ingenieros tenemos las bases para investigar y aprender sobre los equipos para poder hacer buenos diseños.

BIBLIOGRAFÍA

Association, C. E. (Ed.). (2002). *Conveyor Equipment Manufacturers Association* (quinta ed.). Florida, Estados Unidos: Conveyor Equipment Manufacturers Association. Retrieved from <http://www.cemanet.org>

Habashi, F. (1997). *Hanbook of extractive metallurgy* (Vol. 2). New York: Wiley - vch.

Hämäläinen, E. (2008). *Manual de trituración y cribado* (tercera ed.). (C. C., Trans.) Estados Unidos: Metso minerals.

S.A.C. (n.d.). *Manual de minería*. Lima , Perú: Estudios mineros del Perú S.A.C. Retrieved from www.estudiosmineros.com