

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



TESIS

Implementación de filtro prensa para concentrados de minerales en la
Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martín – Huari - Oroya. 2019

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Rocío Del Carmen Gina HINOSTROZA PORRAS

Asesor: Dr. Antonio Florencio BLAS ARAUCO

Cerro de Pasco – Perú - 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



TESIS

Implementación de filtro prensa para concentrados de minerales en la
Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martín – Huari - Oroya. 2019

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
PRESIDENTE

Mg. Manuel Antonio HUAMÁN DE LA CRUZ
MIEMBRO

Mg. Ramiro SIUCE BONIFACIO
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis, dedico con mucho cariño y respeto a mis padres que hicieron lo humanamente posible la culminación de mi trabajo de investigación. GRACIAS...

Con mucho amor a toda mi familia por motivarme que hicieron todo en la vida para lograr mis sueños y verme realizada

RECONOCIMIENTO

Mi reconocimiento a todos los catedráticos de la Escuela de Formación Profesional Ingeniería Metalúrgica por sus sabias enseñanzas, pero sustancias, que hicieron real en mi formación profesional, también como no reconocer a mis amigos y amigas que compartimos los aprendizajes durante más de cinco años académicos en las aulas universitarias.

RESUMEN

Los concentrados de minerales no filtrados son depositados en las cochas, en seguida son depositados a la intemperie para ser secado al sol, para acelerar el secado se realiza los movimientos constantes con picos, lampas y equipos de línea amarilla, finalmente se alcanza una humedad aproximadamente al 10%; la demora del secado es perjudicial económicamente a la empresa, además se contamina a los efluentes líquidos y el suelo; el objetivo fundamental es el secado de los concentrados con el equipo filtro prensa para obtener humedad del producto menor al 10% exigido por el mercado nacional e internacional y el agua filtrado debe ser recolectado en una poza para ser re-utilizado en el procesamiento del mineral, de esa manera disminuir el uso de agua fresca, para tal fin se usó el método no experimental o descriptivo y la técnica documental, la solución a este problema empresarial y social es la implementación del equipo de filtro prensa Filtronic FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R; por ser totalmente automatizado, por el precio menor a los demás filtros y por acomodarse a las instalaciones de la planta.

Palabras claves: Filtro prensa; método no experimental; técnica documental; placa filtrante.

ABSTRAC

Concentrates of unfiltered minerals are deposited in the carcasses, then they are deposited outdoors to be dried in the sun, to accelerate drying the constant movements are made with peaks, lamps and yellow line equipment, finally a humidity is reached approximately at 10%; The delay in drying is economically damaging to the company, and it also contaminates the liquid effluents and soil; The main objective is the drying of the concentrates with the press filter equipment to obtain product moisture less than 10% required by the national and international market and the filtered water must be collected in a well to be reused in the mineral processing , thereby reducing the use of fresh water, for this purpose the non-experimental or descriptive method and the documentary technique were used, the solution to this business and social problem is the implementation of the Filtronic FP 1200/51 PNC P08 press filter equipment / T40 R; for being fully automated, for the lower price to the other filters and for accommodating the plant facilities.

Keywords: Press filter; non-experimental method; documentary technique; filter plate.

PRESENTACIÓN

Al presente trabajo de investigación de tipo descriptivo no experimental, intitulado “Implementación de filtro prensa para concentrados de minerales en la Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martín-Huari-Oroya.2019”; cumplo en presentar y poner a consideración de mi asesor tesis Dr. Antonio Florencio BLAS ARAUCO, para que cumpla con la revisión de fondo y forma del presente documento. Posteriormente, presentaré a disposición de los jurados calificadores.

De antemano GRACIAS. Atentamente

Rocío Del Carmen Gina, Hinostroza Porras

TESISTA

INDICE

DEDICATORIA.....	I
RECONOCIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
ABSTRAC.....	IV
PRESENTACIÓN	V
INDICE	VI
TABLAS	IX
FIGURAS.....	X

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	11
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	11
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional	12
2.1.3. Línea base de la investigación.....	12
a. Ubicación de la planta	12
b. Clima.....	13
c. Fauna.....	15
d. Flora.....	16
e. Vías de comunicación.....	17
f. Servicios Auxiliares	17

2.2.	BASES TEÓRICAS.....	18
2.2.1.	Marco teórico.....	18
2.2.1.1.	Mecanismo de separación de solido-líquido	18
2.2.1.2.	Espesamiento de Concentrados	18
2.2.1.3.	Equipos espesadores o sedimentadores de pulpa usados en la actualidad.....	23
2.2.1.4.	Características de un espesador	23
2.2.1.5.	Mecanismo breve de sedimentación de la pulpa de concentrado de minerales.....	24
2.2.1.6.	Tipos de filtración.....	25
2.2.1.7.	Equipos usados para la filtración de concentrados de minerales	26
2.2.1.8.	Equipo filtro prensa	27
2.2.1.9.	Usos del filtro prensa.....	29
2.2.1.10.	Tipos de filtros para concentrados de minerales.....	30
2.2.1.11.	Técnicas avanzadas de filtros prensa	40
2.2.1.12.	Datos de operación básico del filtro prensa	42
2.2.1.13.	Procedimiento de filtración y limpieza filtro prensa vertical.	46
2.2.1.14.	Datos técnicos de operación del filtro prensa vertical	47
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	50
3.2.1.	Tipos de método investigación científica	51
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	51

3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	51
3.5.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	53
3.6.	ORIENTACIÓN ÉTICA	53

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE MUESTREDOS.....	54
4.1.1.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES DE LA PLANTA CONCENTRADA.....	54
A.	SECCIÓN CHANCADO.	54
B.	SECCIÓN MOLIENDA.	55
C.	SECCIÓN FLOTACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ZINC.....	55
4.1.2.	Análisis granulométrico de la muestra (concentrado) de alimentación al filtro prensa.....	61
4.1.3.	Esquema de Filtrado.....	61
4.1.4.	CARACTERÍSTICAS DEL CONCENTRADO PRODUCIDO POR LA EMPRESA PARA EL FILTRADO.	62
4.2.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA COMPRA DEL FILTRO PRENSA	63
4.2.1.	Filtro prensa Cidelco	64
4.2.2.	Filtro prensa Andrizt.....	64
4.2.3.	Filtro prensa EXW Henan	64
4.2.4.	Filtro prensa Filtronic FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R	68
4.2.5.	PROPUESTA DE COMPRA DEL EQUIPO FILTRO PRENSA	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

TABLAS

TABLA 1: CUADRO DE LA PLANTA DE BENEFICIO DE MINERALES.....	13
TABLA 2: CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS	16
TABLA 3: LISTADO FLORÍSTICO	16
TABLA 4: DISTANCIA HACIA LA PLANTA DE BENEFICIO.....	17
TABLA 5 : DIFERENCIA ENTRE FILTRO BANDA CON FILTRO PRENSA.....	32
TABLA 6: TABLA MODELOS DE FILTRO PRENSA.....	42
TABLA 7: SECCIÓN CHANCADO.....	54
TABLA 8: SECCIÓN MOLIENDA.....	55
TABLA 9: CARACTERÍSTICAS DE LAS OPERACIONES REALIZADAS	55
TABLA 10: CIRCUITO DE FLOTACIÓN PLOMO PLATA	56
TABLA 11: CIRCUITO DE FLOTACIÓN ZINC	56
TABLA 12: ADICIÓN DE REACTIVOS EN EL CIRCUITO DE PLOMO PLATA.....	56
TABLA 13: ADICIÓN DE REACTIVOS EN EL CIRCUITO DE ZINC.....	57
TABLA 14: ADICIÓN DETALLADA DE LOS REACTIVOS EN EL CIRCUITO DE PLOMO PLATA	58
TABLA 15: ADICIÓN DETALLADA DE LOS REACTIVOS EN EL CIRCUITO DE ZINC.....	59
TABLA 16: BALANCE METALÚRGICO I DE GLORE	60
TABLA 17: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL CONCENTRADO FINAL DE ZINC.....	61
TABLA 18: TABLA COSTO FILTRO PRENSA CIDELCO.....	64
TABLA 19: TABLA COSTO FILTRO PRENSA ANDRIZT	64
TABLA 20: CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO PRENSA EXW HENAN.....	66
TABLA 21: CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO PRENSA MODELO XMGZ80/1000	67
TABLA 22: COSTO DE LOS ACCESORIOS DEL FILTRO PRENSA XMGZ80/1000.....	67

FIGURAS

FIGURA 1: MOVIMIENTO DE TIERRA	7
FIGURA 2: TOBA CEMENTO DESPUÉS DE LA NIVELACIÓN	8
FIGURA 3: CONSTRUCCIÓN DEL MURO	8
FIGURA 4: MONTAJE DE VIGAS EN EL MURO	9
FIGURA 5: MONTAJE DE PASARELAS	9
FIGURA 6: IZAJE DEL FILTRO PRENSA	10
FIGURA 7: SEDIMENTACIÓN FILTRO HORIZONTAL.....	19
FIGURA 8: SEDIMENTACIÓN FILTRO VERTICAL	20
FIGURA 9: ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE PULPA DE ZINC	21
FIGURA 10: SEPARACIÓN SÓLIDO LÍQUIDO	22
FIGURA 11: POSICIONAMIENTO DE COLUMNAS PARA LA INSTALACIÓN DEL ESPESADOR.....	22
FIGURA 12: FLUJOGRAMA DE ESPESAMIENTO Y FILTRACIÓN	23
FIGURA 13: ESPESADOR OUTOTECH	24
FIGURA 14: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE FILTRACIÓN	25
FIGURA 15: FIGURA OPERACIÓN CON FILTROS DE BANDA (VACÍO).....	31
FIGURA 16: PROCESO DE FILTRADO	31
FIGURA 17: ETAPA DE ALIMENTACIÓN	32
FIGURA 18: PROCESO DE FILTRACIÓN.....	33
FIGURA 19: ETAPA DE FORMACIÓN DE QUEQUE Y COMPRESIÓN POR PRESIÓN.....	33
FIGURA 20: ETAPA DE SOPLADO DE QUEQUE	35
FIGURA 21: DESCARGA DEL QUEQUE SECO	35
FIGURA 22: DESCARGA DEL QUEQUE O TORTA	35
FIGURA 23: FILTRO DE PRENSA CON PLACAS HORIZONTALES	36
FIGURA 24: ESQUEMA DE UN FILTRO DE PLACAS VERTICALES	37

FIGURA 25: ESQUEMA DE UN FILTRO DE PLACAS VERTICALES	37
FIGURA 26: POSICIÓN DEL CARRITO SEPARADOR AL JALAR UNA PLACA Y LLEVARLA HACIA ATRÁS.	40
FIGURA 27: FILTROS DE PRENSA DE PLACAS VERTICALES MARCA ANDRITZ	40
FIGURA 28: MECANISMO DE CIERRE	42
FIGURA 29: CABEZAL FIJO Y CONEXIONES DE TUBERÍAS	43
FIGURA 30: FIGURA CABEZAL MÓVIL DEL FILTRO.....	43
FIGURA 31: FIGURA VIGA SUPERIOR	44
FIGURA 32: PLACA Y TELAS FILTRANTES	44
FIGURA 33: SISTEMA DE TRANSPORTE DE PLACAS	45
FIGURA 34: SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	45
FIGURA 35: ESQUEMA FINAL DE FILTRADO	62
FIGURA 36: FILTRO PRENSA EXW HENAN, MODELO XMGZ80/1000	64
FIGURA 37: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DEL FILTRO PRENSA EXW HENAN	66
FIGURA 38: FILTRO PRENSA FILTRONIC MODELO: FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R	68

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los diferentes procesos minero metalúrgicos es importante obtener concentrados de minerales espesado y filtrado con un contenido de humedad aproximadamente del 10%; es muy complejo utilizar sistemas convencionales (manual) para controlar los distintos factores de secado, el problema principal de la presente tesis es la utilización de sistemas automatizados de secado, mediante el uso de filtro prensa; además el agua del producto filtración es reingresada al circuito de operación de la Planta de Beneficio, generando un gran ahorro del recurso hídrico, y de esa manera evitar el impacto negativo al medio ambiente o ecosistema.

Los concentrados de minerales de los diversos clientes son almacenados en las cochas, con una humedad inicial promedio de 80.56 % o menos (% humedad= peso húmedo-peso seco/peso húmedo).

Los concentrados finales se depositan en las cochas, luego es traslado a la intemperie para ser secado al sol, donde se voltea o se realiza movimiento constantemente para ayudar a secar hasta alcanzar una humedad aproximadamente al 10%, esta demora

del secado es perjudicial económicamente a la empresa, además se contamina a los efluentes líquidos y suelos.

La solución a este problema empresarial y social es implementando la instalación de filtros de concentrados de minerales, en este caso propongo a la empresa la instalación de filtro prensa para concentrados de minerales polimetálicos.

La justificación, consiste en brindar una descripción sucinta de las razones por las cuales se considera válido y necesario realizar la investigación; dichas razones deben ser convincentes de tal manera que se justifique la inversión de recursos, esfuerzos y tiempo (Monje Álvarez, 2011, pág. 68).

Igualmente se deben expresar los motivos o razones de su selección, en términos de los beneficios o importancia del estudio desde el punto de vista teórico o práctico; su utilidad, aplicabilidad, novedad (Monje Álvarez, 2011, pág. 68).

Por lo tanto, la justificación del presente trabajo de tesis de investigación, significa explicar las razones fundamentales, tales como la utilidad, los beneficios y la importancia que tendrá el resultado de la investigación, que pueden ser para la sociedad, empresa y esferas intelectuales, para lo cual se debe resolver o responder a las interrogantes siguientes:

- ¿Por qué se investiga?
- ¿Para qué se investiga?
- ¿A quiénes pudiera beneficiar?

Al responder estas preguntas y otras, habrá muchas razones fundamentales, que pueden ser justificación teórica, práctica, socioeconómica, tecnológica y metodológica:

- a. Justificación técnica y económica: Aumentar la producción de la planta con la filtración eficiente del agua de la planta en menor tiempo.

En épocas de verano la producción de concentrados es afectado debido a la disminución de agua; para dar solución a esta problemática el agua de filtrado será reciclado para reusar en la planta concentradora.

Optimizar al máximo el uso de agua filtrado, con el reingreso al circuito de operación en Planta de Beneficio, generando un gran ahorro del recurso hídrico; reduciendo los costos por el suministro de agua fresca.

Reducir las pérdidas de dinero, sobre todo en épocas de invierno para el secado del concentrado al aire libre o al sol.

- b. Justificación medio ambiental: El compromiso de las compañías mineras es el uso de tecnologías que permitan la mitigación total de agentes contaminantes, para disminuir o controlar el impacto ambiental producido por el filtrado artesanal del agua.

La **delimitación** del problema de tesis es de suma importancia ya que permite al investigador circunscribirse a un ámbito: teórico; espacial y temporal; sin ellos es imposible desarrollar el tema de investigación, si no existe control de las delimitaciones, el desarrollo de la tesis se hace compleja, imposible alcanzar los objetivos determinados, se tiene la delimitación teórica, delimitación espacial y la delimitación temporal:

La delimitación teórica es la organización en forma clara, secuencial lógica, orgánica e inductiva, los temas que forman parte del marco teórico en la que se circunscriben las variables y factores del problema de tesis. Vale establecer un dominio teórico concordante con el problema de tesis. El dominio teórico en la cual se circunscribió el presente tema de tesis son:

- Información de concentración de minerales
- Aspectos generales en filtración de concentrados de minerales
- Descripción de las variables o factores de funcionamiento del filtro.

La delimitación espacial, Es la ubicación de la empresa o lugar donde se realizará y desarrollará el trabajo de tesis:

- Empresa : Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martin
- Distrito : Huari
- Provincia : La Oroya-Yauli
- Departamento : Junín
- Región : Junín

La delimitación temporal, en esta parte se indica el año de desarrollo del trabajo de tesis: 2019.

La implementación del área de filtrado de concentrado de minerales, es debido a la alta humedad que presenta el producto, que arroja valores entre 11.7 % a 13%, las cuales trae problemas de transporte, almacenamiento, contaminación ambiental, problemas económicos, etc.; por estas razones el agua será reciclado para reutilización.

La organización marítima internacional (IMO) permite un máximo de humedad de 9% para poder ser transportado y almacenado en los barcos.

El agua es muy importante en todo el proceso metalúrgico de tratamiento de minerales polimetálicos, el principal problema radica que durante el secado artesanal de los concentrados se desperdicia mucha agua que no se puede reutilizar, generando problemas sobre todo la contaminación de los efluentes líquidos y suelos, produciendo impacto negativo para los seres vivientes; por esta razón se pretende instalar y poner en marcha un sistema de filtro prensa para lograr un tratamiento adecuado y óptimo del agua para recircular el agua hacia la planta.

Por las razones expuestas, se formula el siguiente problema general: ¿En qué medida favorece la implementación de filtro prensa para filtrar óptimamente minerales concentrados para su comercialización en la Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martin-Huari-Oroya-2019?

Adicionalmente al implementar el área de filtrado, se reducirá los costos de transporte por la merma del agua, y se incrementaría el tonelaje de concentrado transportado.

Además, “el proyecto de la instalación del filtro prensa resulta fundamental para la empresa desde el punto de vista económico, ambiental y eficiencia en el transporte del concentrado de minerales” (Rizo Gómez, 2015, pág. 24). Por lo tanto, las razones principales del porque este proyecto debe realizarse, se describen a continuación:

- a. Controlar el impacto ambiental producido por el desperdicio de agua utilizado
- b. Aumentar los niveles de producción de la planta a través de un filtrado realizado en corto tiempo.
- c. Disminuir pérdidas de dinero en épocas de verano cuando escasea el agua.
- d. Reutilizar el agua producido por la filtración eficiente con el equipo filtro prensa.

Por consiguiente, El proyecto de la instalación del filtro prensa resulta de fundamental para la empresa desde el punto de vista económico, ambiental y eficiencia en el transporte del concentrado de minerales.

De igual manera, la aspiración del presente trabajo de investigación, es la realización de la implementación de filtro prensa para filtrar óptimamente los minerales concentrados para su comercialización en la Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martin-Huari-Oroya.2019.

La hipótesis es una proposición que se aplica como respuesta tentativa al problema de investigación; señala lo que estamos buscando, además de que puede estar sujeta a validez (Gómez Bastar, 2012)

Las hipótesis son enunciados afirmativos respondiendo al problema general y a los problemas específicos respectivamente, para proponer posibles soluciones al problema de investigación de la presente tesis.

Posteriormente, las hipótesis son sometidas a pruebas empíricas mediante procedimientos experimentales y estadísticos para ser confirmada o negada una vez finalizada la investigación. Cuando la hipótesis no ha sido planteada correctamente resulta muy difícil desarrollar el tema de investigación.

De igual manera, la formulación más precisa es respondiendo afirmativamente al problema general formulado, por consiguiente, la hipótesis teórica general del presente trabajo de investigación es: La implementación de filtro prensa favorece directamente la filtración óptima de los minerales concentrados para su comercialización en la Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martín-Huari-Oroya.2019.

Para poder recolectar los datos se utiliza una serie de herramientas y técnicas que, en forma genérica, se denominan instrumentos de recolección de datos. Existen múltiples y diferentes instrumentos, útiles para recolectar los más diversos tipos de datos y para ser usados en todo tipo de investigaciones, tanto cualitativas, cuantitativas o mixtas.

El método usado en la investigación descriptiva, es el método de observación, siendo el más eficaz para llevar a cabo la investigación descriptiva, son utilizadas tanto la observación cuantitativa como la observación cualitativa.

Las limitaciones de la presente tesis descriptiva, en las cuales se necesita el concurso de profesionales especializados en ciertas materias orientados en obras civiles, eléctricas y otros, a continuación, se detallan:

- Compra del equipo
- Obras grises (estructura de instalación)
- Planos de construcción del muro

- Planos de instalación eléctrica
- Movimiento y nivelación del terreno
- Compra de materiales diversos
- Obra de estructura metálica: Planos, construcción de pasarelas, colocación e instalación de pasarelas, seguridad de pasarelas, escaleras, rodapiés, pasamanos.
- Colocación del filtro prensa
- Conexiones de tuberías, aire comprimido y accesorios
- Automatización del filtro prensa.
- Programas de mantenimiento
- Sistemas de contra incendio
- Otras obras auxiliares.



Figura 1: Movimiento de tierra
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez



Figura 2: Toba cemento después de la nivelación
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez



Figura 3: Construcción del muro
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez



Figura 4: Montaje de vigas en el muro
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez



Figura 5: Montaje de pasarelas
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez



Figura 6: Izaje del filtro prensa
FUENTE: Tesis Andrey Rizo Gómez

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los antecedentes, son los trabajos de investigación que preceden al presente proyecto de tesis, que guarda mucha relación con los objetivos del estudio que se aborda, que surgen de fuentes como libros, tesis, revistas, publicaciones científicas, etc. Que deben ser redactados en tiempo verbal presente.

En este aspecto entrará en juego la capacidad investigadora, aquí se condensará todo lo relacionado a lo que se ha escrito e investigado sobre el objeto de investigación, los antecedentes del problema, son las investigaciones que se han hecho sobre el objeto de investigación y pueden servir para ampliar o continuar su objeto de investigación (Calderón Saldaña, Alzamora de los Godos Urcia, & del Águila Horna, 2009, págs. 7-8)

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Rizo Gómez, (2015), el almacenamiento de agua que posee la empresa juega un papel importante en la producción de la planta, sobretodo en la época donde el agua del río es escaza, por lo tanto, la optimización de

esta agua con el filtro prensa genera una reducción significativa en pérdidas de producción.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Ventosilla, (2014), el presente trabajo tiene como objetivo el estudio de los criterios de selección y dimensionamiento de filtros prensa de placas, así como las variables y parámetros operacionales y de diseño que influyen en la correcta performance de filtración aplicada a pulpas de concentrados, relaves y lodos de neutralización. En resumen; la importancia que tiene el CAPEX y el OPEX al momento de decidir el uso de un determinado filtro prensa.

Yaranga Ramos, (2009), el espesamiento del concentrado de Cobre-Plata se realiza en un espesador de 25'x10'; en el que se elimina el agua desde 70% hasta 25%. La pulpa se descarga del espesador hacia el filtro prensa Sperry de 61 placas de 1m x 1m eliminando el agua hasta un promedio de 6,5%.

2.1.3. Línea base de la investigación.

a. Ubicación de la planta

El área del proyecto de la "-Planta de Beneficio San Martín" se localiza en la parte baja de la microcuenca de la Quebrada Río Seco, distrito de Chacapalpa, provincia de Yauli, departamento de Junín; específicamente en áreas del Anexo de Huashapampa.

El Proyecto se desarrolla entre las siguientes coordenadas UTM:

- Norte del 8711330 al 871 1 700
- Este del 0411000 al 0411600

Las coordenadas y altitud de los vértices se hallan definida por una poligonal de 08 lados, que cubre una superficie de: 185 000.00 m² (18.5 Has.), en cuya área se encuentra la PLANTA DE BENEFICIO DE MINERAL e infraestructuras complementarias; ver tabla 1.

Tabla 1: Cuadro de la planta de beneficio de minerales

CUADRO DE AREAS			
VERTICE	NORTE	ESTE	GRAFICO
1	8712070.00	411800.00	
2	8711870.00	411800.00	
3	8711870.00	411700.00	
4	8711700.00	411700.00	
5	8711700.00	411200.00	
6	8711970.00	411200.00	
7	8711970.00	411400.00	
8	8712070.00	411400.00	
Área:		185,000.00 M ² = 18.5 Has	

FUENTE: Elaboración propia

La planta de tratamiento de minerales cuenta en la actualidad con distintas secciones separadas por las áreas de proceso: Chancado, Molienda, Flotación. Dedicadas al procesamiento de minerales polimetálicos de sulfuros de plomo; zinc y cobre.

b. Clima.

El área de la planta se encuentra ubicada al Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, con características propias a las de la sierra central del Perú.

El Clima de la zona del proyecto en estudio, está influenciado principalmente por la altitud (3,700 msnm) y tiene influencia sobre

las precipitaciones, evaporación, humedad relativa y la temperatura. La topografía a esta altitud es accidentada.

Las Precipitaciones pluviales en el ámbito de estudio son marcadamente estacionales, presentándose mayormente entre los meses de octubre y abril, en este periodo ocurre el 70% de la precipitación total anual.

La temperatura presenta una fuerte variación entre el día y la noche, siendo más notorio durante los meses de invierno, cuando el cielo está despejado de nubosidad. Con frecuencia, durante las noches la temperatura desciende por debajo de 0°C, por consiguiente, es un clima frío; la temperatura tiene una relación inversa con la altitud, con una disminución aproximada de 0.5-0.6 °C / 100 m de aumento con respecto a la altitud.

El clima del área del proyecto es de tipo andino, templado frío, en los meses de otoño e invierno reportan una menor humedad (42%) Asimismo la evaporación está influenciada por la alta radiación y los fuertes vientos que se presentan principalmente en las horas de la tarde.

Todos estos parámetros climatológicos influyen notoriamente en el comportamiento de los componentes bióticos (flora y fauna silvestre), y abióticos (suelo y agua).

El área se encuentra cubierta con vegetación herbácea (ichu).

c. Fauna.

La fauna existente en el área de influencia de la planta está conformada fundamentalmente por especies domesticadas: llamas, alpacas, vicuñas, ovinos, cuyes, ganado vacuno, equino.

Estudios de Antonio Brack refieren que la fauna de la serranía está altamente influenciada por la puna encontrando en ella a la taruca, el cóndor, la vizcacha, hasta aquí llega el guanaco. Así mismo reporta que en el pajonal de puna viven de preferencia la vicuña, el zorrino o añás, zorro andino, el poronccooy o cuy silvestre y muchos roedores. Entre los depredadores principales están el puma y dos especies de gatos silvestres u osillos. Entre las aves predominan las perdices, y malas voladoras, que prefieren correr y ocultarse en el pajonal.

De acuerdo al estudio por el Ministerio." y el Banco Mundial (MEM-BID; 1998) la avifauna está representada por la presencia de la tortolita peruana, el picaflor, el tordo negro, el chico, gorriones, etc. También los anfibios como el sapo común y otros.

La caracterización o identificación de especies a partir de la literatura se debe fundamentalmente a que las especies de mamíferos y otras especies en la zona son difíciles de observarse.

Las especies silvestres identificadas en el área de la planta son las siguientes:

- Aves: Perdiz andina, gorrión, palomas, huachua.

- Mamíferos: Se detectaron numerosas madrigueras de roedores a especies de flora de pajonales. Los pobladores de las áreas aledañas refieren la presencia de zorros.
- Reptiles: Lagartijas de un género endémico de la región.
- Los insectos observados fueron sumamente variados e incluyeron poblaciones de saltamontes, grillos, escarabajos, abejas, avispas, hormigas, libélulas, mariposas y moscas. Las arañas predominan entre los arácnidos.

d. Flora.

El principal ingreso económico de la población es la agricultura, el detalle ver tablas 2 y 3.

Tabla 2: Capacidad de uso de las tierras

CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS	Símbolo	Uso Recomendable
Tierras aptas para agricultura	1	Papa, cebada, trigo, quinua, mashua, etc.
Tierras aptas para pastoreo	2 ^a 2b	Pastos cultivados, naturales. Pastos Pastos
Tierras de protección	3	Vida silvestre, protección de cuencas, áreas escénicas, minería, etc.

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3: Listado florístico

	Familia	Especie	Nombre común
Pajonales	Poacease	Calamagrostis sp	Ichu
	Poacease	Anatherostopia obtusa (stipa obtusa)	Ichu
Césped de puma: Vegetación baja	Poacease	Calamagrostis vicunarum	Crespillo
	Poacease	Dissanthelium macusinaense	
	Poacease	Pasapalum Pygmacum	
Césped de puma: Almohadilladas	Poacease	Aciachne Acicularis	Paco Chamba
	Asteracease	Bacchris Tricuneata	Taya
Inversoras	Poacease	Pennisetum Clasdestinum	Quicuyo Pasto

FUENTE: Elaboración propia

e. Vías de comunicación.

La planta de beneficio de mineral se encuentra al este de Lima a una distancia de 180 Km hasta la ciudad La Oroya, siguiendo por la carretera central asfaltada hacia la incontratable provincia de Huancayo, en el km 202 existe un desvío que cruza el río Mantaro mediante un puente y luego el río Huari, desde este punto se recorre 1,8 kilómetros por una carretera afirmada hasta el área de la planta de tratamiento de minerales, ver tabla 4.

Tabla 4: Distancias hacia la planta de beneficio

TRAMO	DISTANCIA (km)	Tipo
Lima Oroya	180.00	Asfaltada
Oroya Cruce Río Mantaro	22.00	Asfaltada
Cruce Río Mantaro Área Proyecto	1.80	Carretera Afirmada

FUENTE: Elaboración propia

f. Servicios Auxiliares

❖ **Recurso hídrico:**

La alimentación del agua para la planta procesadora de minerales es desde la captación de la represa del distrito de Huari.

❖ **Energía eléctrica**

La planta concentradora de minerales Minera Perú Sol, consume energía de la línea de Electro Centro, abasteciendo a las secciones de chancado, molienda y flotación, también abastecerá a la futura planta de espesado y filtrado de concentrado.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Marco teórico.

El marco teórico es el punto de partida para la operacionalización de las variables, la formulación de los problemas, objetivos, las hipótesis, elaboración de las interpretaciones, resultados finales y las conclusiones del trabajo de investigación.

2.2.1.1. Mecanismo de separación de sólido-líquido

La separación de sólido y líquidos de concentrado de minerales polimetálicos u otros se puede realizar mediante métodos puramente mecánicos o térmicos.

Con las operaciones térmicas de secado y vaporización se pueden separar totalmente la mezcla de sólidos y líquidos, éstas no son usados en las empresas mineras debido al alto consumo de energía; con las operaciones mecánicas no se pueden separar totalmente el líquido del sólido. Si se trata de utilizar las operaciones térmicas, éstas deben ser precedidas por las operaciones mecánicas (Romero Huamancusi, 2012)

Donde sí se utiliza el secado y la vaporización es en el laboratorio para la determinación de la concentración de una suspensión o la humedad de un queque de filtración.

2.2.1.2. Espesamiento de Concentrados

“Se denomina sedimentación a la operación consistente en separar de una suspensión un fluido claro que sobrenada y una pulpa bastante densa que contenga elevada concentración de

materias sólidas” (Vargas Pone, 2008, pág. 47); a la vez esta se clasifica en espesamiento y clarificación.

Los factores más importantes para la filtración de concentrados de minerales son la porosidad y la permeabilidad del queque, esto es la facilidad con que escurre el agua a través de él. La filtración puede ser ayudada o dificultada por la sedimentación, en general el concentrado a filtrar se impulsa hacia un recipiente y se hace pasar a través de un medio poroso denominado medio filtrante. Si el filtro es horizontal, las sedimentaciones de las partículas ayudaran a la filtración, en cambio si el filtro es vertical, las partículas sedimentarán en la dirección perpendicular a la dirección de la filtración, ver figuras 7 y 8 (Romero Huamancusi, 2012, pág. 19)

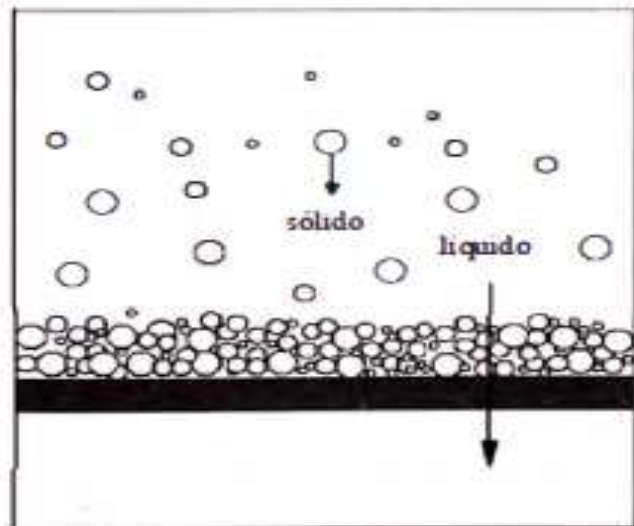


Figura 7: Sedimentación filtro horizontal
FUENTE: Romero Huamancusi

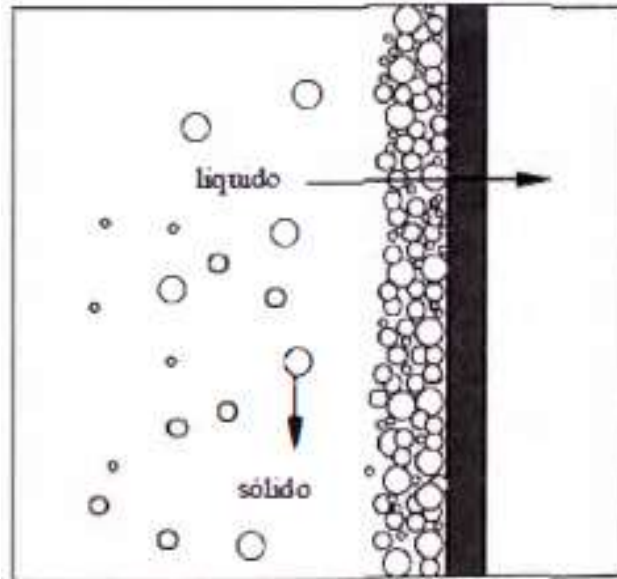


Figura 8: Sedimentación filtro vertical

FUENTE: Romero Huamancusi

Los concentrados que se obtienen de la etapa de flotación están constituidos por espumas, mezclas de sulfuro valiosos y reactivos con un elevado contenido o porcentaje de agua, por lo tanto, es necesario eliminar el agua para mejorar la manipulación y transporte del concentrado, haciendo uso de equipos de espesamiento y filtración, mediante el cual se obtendrá productos finales con humedades aproximadamente de 10% de agua en el concentrado de zinc.

La primera etapa consiste en elevar el espesado de densidad promedio de 1500 g/L a 1850 g/L, la segunda etapa de filtrado es reducir el agua de la pulpa densificada a un queque de humedades aceptables mencionadas anteriormente, ver figura 9.

La sedimentación continua de suspensiones de partículas sólidas finas dispersas en un fluido viscoso es un proceso que recupera el agua utilizada en los procesos de conminución (reducción de tamaño) y flotación (separación del mineral deseado

de la ganga) en las plantas de beneficio de minerales de cobre sulfurados.

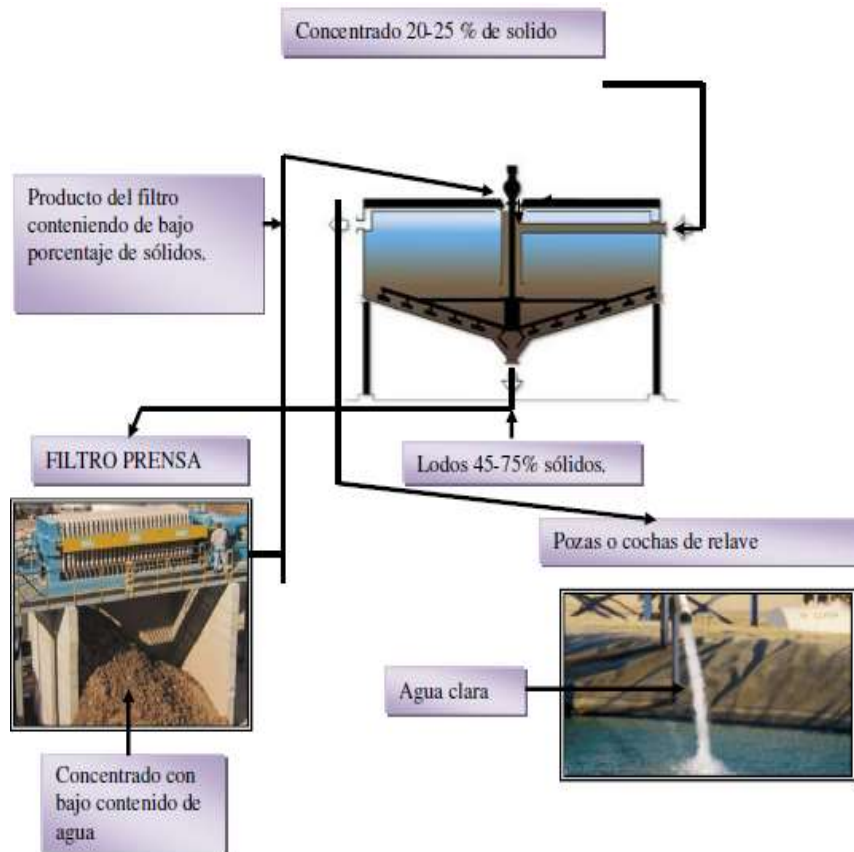


Figura 9: *Espesamiento y filtrado de pulpa de zinc*
FUENTE: Ing. Espinoza Camacho, Edgar G.

La primera y más importante etapa de recuperación de agua es el espesamiento, es decir, la sedimentación continua, donde se utilizan grandes estanques cilíndricos en los cuales se produce la separación de sólidos y líquidos por efecto de la gravedad (Mejías Neira, 2015, pág. 6).

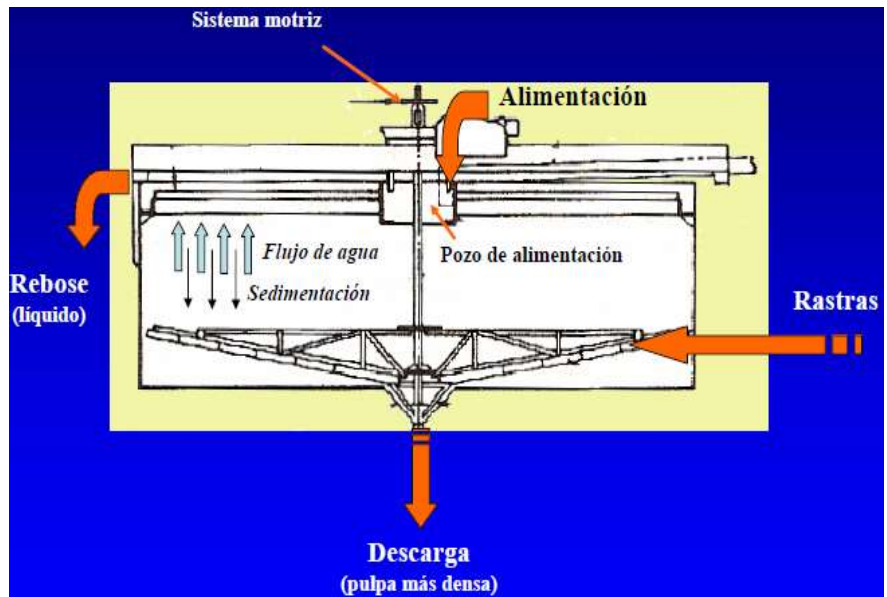


Figura 10: Separación sólido líquido
 FUENTE: Edgar Gilmer Espinoza Camacho



Figura 11: Posicionamiento de columnas para la instalación del espesador
 FUENTE: Edgar Gilmer Espinoza Camacho

Las partículas de los minerales concentrados son de tamaños muy finos que sedimentan con mucha lentitud, la mayor velocidad de sedimentación se logra haciendo uso de los coagulantes o floculantes aniónicos para unir a las partículas finas; la dosificación de floculantes puede ser muy variable, en el rango de 10 a 250 gr/ton pulpa de mineral.

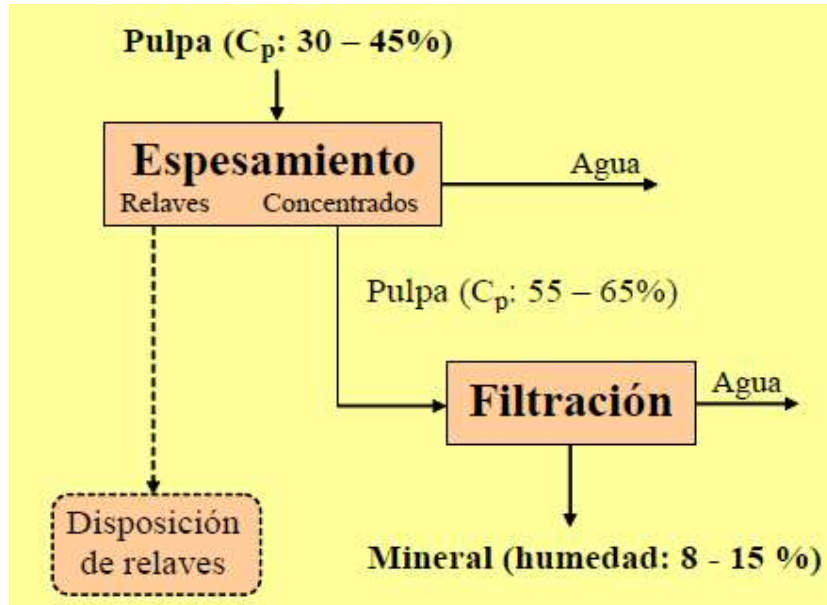


Figura 12: Flujograma de espesamiento y filtración
FUENTE: Edgar Gilmer Espinoza Camacho

Para calcular el número y tamaño de los espesadores se debe considerar la capacidad de tratamiento, concentración de sólidos en la alimentación, concentración de sólidos en la descarga, velocidad de sedimentación de los sólidos y densidad de la pulpa. La velocidad de sedimentación se determina en el laboratorio con la adición o no de coagulantes.

2.2.1.3. Equipos espesadores o sedimentadores de pulpa usados en la actualidad.

La lista de algunos equipos más usados, según fabricantes:

- a. Espesador desarrollado por la empresa Outotech
- b. Espesador desarrollado por la empresa Metsominerals
- c. Espesador desarrollado por la empresa HI-CAP

2.2.1.4. Características de un espesador

Según la alta capacidad de espesado y clarificación, estos equipos tienen que cumplir con un mínimo de características para

poder desempeñar un trabajo favorable; las características son las siguientes:

- Sistema de alimentación para poco floculante a utilizar.
- Cámara de aeración.
- Plato deflector.
- Controlador de nivel de asentamiento.
- Alto posicionamiento por unidad de área.
- Libre posicionamiento dentro del terreno.
- Sistema de reciclaje del underflow.
- Recepción de overflow.

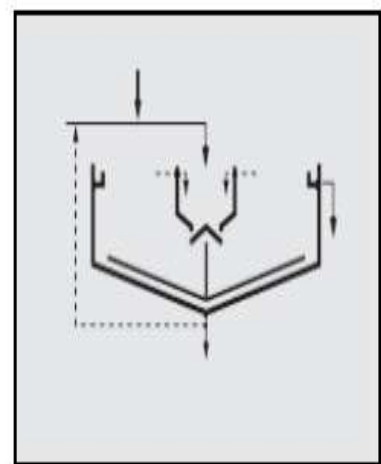


Figura 13: Espesador Outotech
FUENTE: Edgar Gilmer Espinoza Camacho

2.2.1.5. Mecanismo breve de sedimentación de la pulpa de concentrado de minerales.

- La pulpa del mineral concentrado sale con 20 a 25% de sólidos, para poder disminuir la operación de filtrado en el filtro prensa, primero la pulpa debe pasar por el sedimentador o clarificador de pulpas de baja densidad, para obtener pulpa de alta densidad.

- A través de una cámara denominada feedwell, la pulpa ingresa al espesador, debido al movimiento tangencial, la pulpa es mezclada con el floculante alimentado para precipitar a las partículas sólidas.
- El porcentaje de sólidos aumenta desde 20-25 % de sólidos hasta un 45-75 % de sólidos, este aumento se debe a la precipitación gravitatoria, área y forma cónica del espesador que ayudan a la velocidad de sedimentación de los sólidos.
- La descarga continua de la pulpa se realiza mediante la rastra del espesador para ser alimentado al filtro prensa para continuar con la eliminación del agua.

2.2.1.6. Tipos de filtración.

En forma general, hay varios tipos de filtración utilizados para separación sólido-líquido de un proceso; según el tipo de fuerza impulsora empleada tenemos:

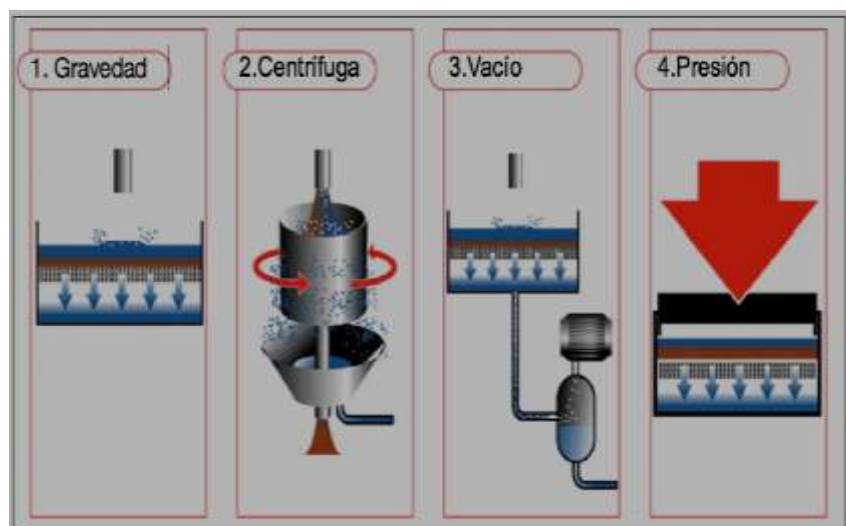


Figura 14: Representación gráfica de los tipos de filtración
FUENTE: Proyecto de María del Rocío de la Rosa Gilabert

Por gravedad: Para realizar la filtración la única fuerza impulsora para que el líquido atraviese el filtro es la gravedad, muy practicado en los laboratorios de química y otros.

Centrífuga: La separación sólido-líquido se realiza en una cesta rotatoria que está provisto de medio filtrante; la presión que resulta de la acción centrífuga obliga al líquido a pasar a través del medio filtrante dejando los sólidos retenidos y dejando pasar el líquido.

Vacío: El embudo Büchner se coloca sobre un matraz Kitasato, en seguida se aplica una presión al vacío que succiona la mezcla, quedando el sólido atrapado entre los poros del filtro, el líquido atraviesa el filtro y queda depositada en el fondo del recipiente. Esta técnica se aplica cuando la filtración es muy lenta.

Presión: La técnica es el mismo que el de los filtros al vacío o lecho filtrante, la diferencia es que el material filtrante suele estar colocado en cilindros o placas de acero, verticales u horizontales, que son capaces de resistir hasta 10 atmósferas. Este tipo de filtración es el empleado por los equipos llamados filtros prensa, materia de estudio en la presente tesis de investigación.

2.2.1.7. Equipos usados para la filtración de concentrados de minerales

Los instrumentos o equipos principales usados en la industria minera o metalúrgica para la separación sólido-líquido, para la filtración son:

- Filtración gravitacional: Filtro de arena

- Filtración al vacío: Filtros de tambor, discos, bandas y bandeja.
- Filtro prensa: Filtro prensa vertical o filtro prensa horizontal.
- Filtración presión y vacío: Filtro hiperbárico

En el presente trabajo de tesis, de toda la lista, se propone el uso del filtro prensa, por su eficiencia de filtrado de diversos productos a filtrar o clarificar.

2.2.1.8. Equipo filtro prensa

Los filtros de prensa que lo hacen atractivo con respecto a los filtros de banda para grandes producciones de relaves, con el desarrollo tecnológico actual, es el menor consumo de energía, y el área requerida para sus instalaciones es mucho menor (Capone Barraza, 2016, pág. 12)

El filtro prensa son separadores de líquidos y sólidos a través de filtración por presión. Consiste en una serie de bastidores de acero que sostienen una tela o malla. Las placas filtrantes desmontables están hechas de polipropileno, y las mallas pueden ser de tipo sellada, no sellada o membranas de alta resistencia

El filtro prensa son equipos destinados a la deshidratación de concentrados de minerales previamente espesados en un tanque espesador. Es un filtro especialmente para la separación de grandes volúmenes de sólidos y líquidos por medio de filtración por presión (Rizo Gómez, 2015)

El uso filtro prensa es una de las mejores opciones muy importantes cuando se desea obtener:

- a. Alto grado de separación, con una muy buena captación de sólidos.
- b. Alto contenido de sólidos en la torta.
- c. Concede buenas posibilidades de eliminación de compuestos solubles.
- d. Operación sencilla y fiable.
- e. Equipo de larga vida.

El proyecto de la instalación del filtro prensa resulta de fundamental para la empresa desde el punto de vista económico, ambiental y eficiencia en la extracción de agregados.

El filtro prensa por lo general producen queque o torta (producto de filtro) con humedades inferiores a los filtros de vacío, especialmente es aplicado al campo de la hidrometalurgia e industrias químicas, el uso para concentrado de minerales que contiene lamas, es satisfactorio, porque actúan con gradientes de presión mayor a una atmósfera, mientras que, los filtros al vacío actúan con gradientes de presión máximo a una atmósfera, teniendo como resultado un queque con alto grado de porcentaje de humedad.

Lo inconveniente de los filtros presión, es que actúan en forma **discontinua** debido a su capacidad reducida, para la corrección de este inconveniente los fabricantes automatizaron los filtros prensa más modernos. Ej. Los ciclos de llenado – secado – abrir/descargar – lavar tela – cerrar y llenar de nuevo, etc. son pre-

programados y ejecutados mecánicamente sin intervención personal.

Por lo tanto, las razones principales del porque este proyecto debe realizarse se describen a continuación.

2.2.1.9. Usos del filtro prensa

El filtro prensa tiene una amplia gama de aplicaciones en la separación sólido-líquido. Son usados con frecuencia para el filtrado y clarificación de numerosos líquidos, también tienen utilidad en las industrias químicas o en las de los textiles artificiales, industria azucarera, cervecería, vinificación, industrias aceiteras, industria cerámica o en ciertas industrias extractivas.

En forma general, actualmente el filtro prensa tiene uso preferencial por su alto rendimiento demostrada, factor determinante para que sean usados en la industria pesada y minera, donde se exigen respuestas muy efectivas en tiempo real de nivel técnico especializado, los usos más detallados son:

A. Aplicaciones en industria minera y cerámica:

- Sulfuro de níquel, zinc, cobre, plomo, metales preciosos
- Concentrados de oro, plata
- Relaves de cianuración y flotación
- Soluciones acuosas de granito, mármol, pizarra, terrazo
- Lodos procedentes de lavado de áridos
- Pasta de cerámica, esmalte cerámico.

B. La industria alimenticia y de bebidas puede usar tecnología de filtros de prensa en:

- Productos para la sopa, sabores, azúcar, gelatinas
- Zumo de frutas, cerveza, almidón, levaduras
- Bajos de madres de vino
- Manteca de cacao, sangre
- Aceites vegetales, palma, maíz, soja, coliflor, oliva

C. Usos para industria química:

- Afluentes industriales
- Óxido de titanio, plomo, bismuto y cromo
- Ácido fosfórico, tartárico
- Salmuera, colorantes, pigmentos
- Sulfato de aluminio, titanio, cobre
- Soluciones de abonos

D. Industrias varias:

- Curtidurías
- Tintorerías industriales
- Madera
- Plástico
- Tratamiento de aguas industriales y urbanas

2.2.1.10. Tipos de filtros para concentrados de minerales

En la última década, se tiene los siguientes filtros:

a. Filtros de banda de vacío.

Tiene una banda filtrante continua con una velocidad variable, bajo la banda dispone de una bomba de vacío para extraer agua, dejando un queque filtrado que se descarga al

final de la banda hacia una correa recolectora. Ver figuras 14 y 15.



Figura 15: Figura Operación con filtros de banda (vacío)
FUENTE: Tesis de Capone Barraza



Figura 16: Proceso de filtrado
FUENTE: Tesis de Capone Barraza

Comparación entre filtro banda y filtro prensa, ver tabla 5

Tabla 5: Diferencia entre filtro banda con filtro prensa

FILTRADO DE VACIO	FILTRADO DE PRESION
1. Operación continua.	1. Operación discontinua.
2. Mayor consumo de energ	2. Menor consumo de energía
3. Existe mucha experiencia	3. Dudas de la disponibilidad s/exp
4. Menor área de filtración	4. Mayor área de filtración
5. Más equipos requeridos	5. Menos equipos requeridos
6. Más superficie de instalaciones	6. Menos superficie de instalaciones
7. Mayor humedad de la tort (20 a 25%)	7. Menor humedad de la torta (15 a 18%)
8. Mayores tasas a igual % finos	8. Menores tasas a igual % finos

FUENTE: Tesis de Capone Barraza

b. Filtro prensa de placas horizontales

La secuencia operacional para la filtración por presión en placas horizontales es como sigue:

- **Cerrado:** Se desarrolla un filtrado de los sellos de extremos mediante una presurización con agua para evitar fugas de las cámaras del filtro.
- **Alimentación:** La pulpa es bombeada a presión hacia la cámara del filtro a una determinada presión. Una vez llena la cámara, la alimentación se corta. La etapa de alimentación va a acompañada de una filtración insipiente, ya que la presión disminuye a medida que las cámaras se van llenando.



Figura 17: Etapa de alimentación

FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO

- **Limpieza:** En forma opcional se limpia el residuo de pulpa que queda retenida: La etapa propiamente del cabezal principal de alimentación.

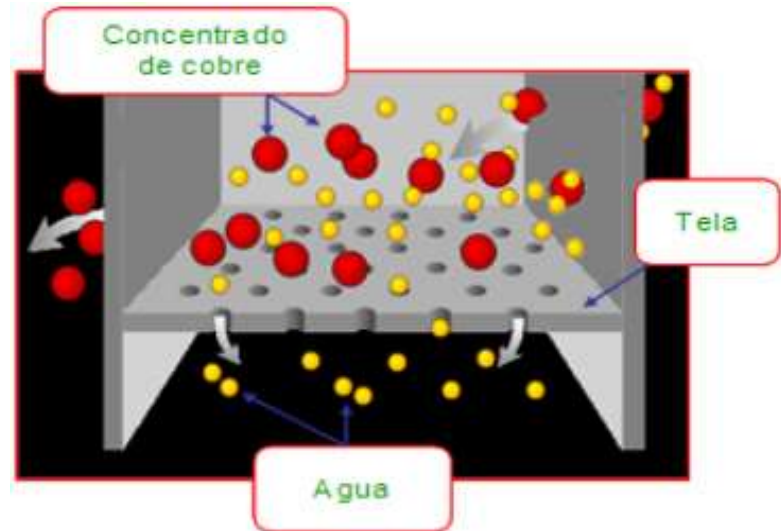


Figura 18: Proceso de filtración.

FUENTE: Proyecto Filtrado de Cu de Productos Comerciales Andina.

- **Compresión:** La formación del queque comienza con la compresión de la suspensión mediante un diafragma de goma, utilizando una presión de agua. Una vez terminado el periodo de formación del queque, comienza la expresión que produce una disminución de la porosidad del queque, eliminando una mayor cantidad de líquido. La alta presión permite el uso de tela de tramado denso que incrementa la eficiencia de la filtración.

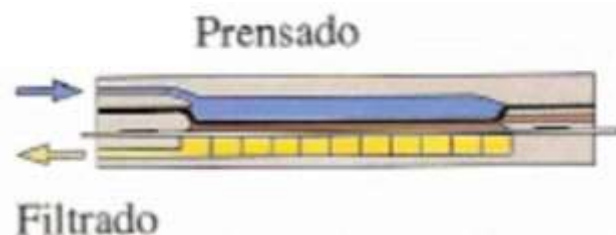


Figura 19: Etapa de formación de queque y compresión por presión

FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO

- **Retracción del Diafragma:** Una vez terminada la expresión con diafragma, se admite aire que es soplado a través del queque saturado con la finalidad de desplazar el líquido ahí retenido y ayudar a la retracción del diafragma.
- **Lavado del queque:** La solución del lavado es alimentada por bombeo dentro de la cámara del filtro formando un volumen parejo sobre el queque. Debido a que la torta yace plana y sin resquebrajaduras, el agua para el lavado se distribuye homogéneamente. El lavado del queque es completamente opcional y puede ser utilizada o rechazada mediante una simple programación del PLC.
- **Segunda compresión:** Se presiona al diafragma nuevamente para forzar la solución de lavado a pasar a través del queque, desplazando el líquido retenido en este casi por completo. Luego de esto, la misma presurización del diafragma exprime el queque filtrado y lavado para extraer el máximo de solución de lavado de queque.
- **Segundo soplado y retracción del diafragma:** Después de la segunda compresión se sopla el queque con aire comprimido por segunda vez, retrayendo el diafragma y reduciendo la humedad final del queque. Al controlar el tiempo de inyección de aire, es posible regular el porcentaje de humedad final en el queque.

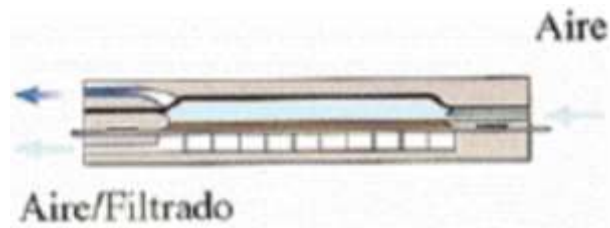


Figura 20: Etapa de soplado de queque

FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO

- **Descarga del queque:** Los sellos se retraen y se descarga el queque accionando la correa del filtro después que se ha completado la etapa de soplado de aire. La puerta desviadora se abre y permite la entrada del queque al buzón de descarga. A continuación, la tela comienza a moverse a través del paquete de placas permitiendo la evacuación del queque por ambos extremos del filtro.

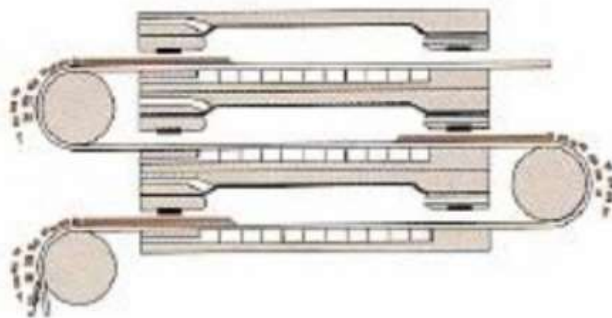


Figura 21: Descarga del queque seco

FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO

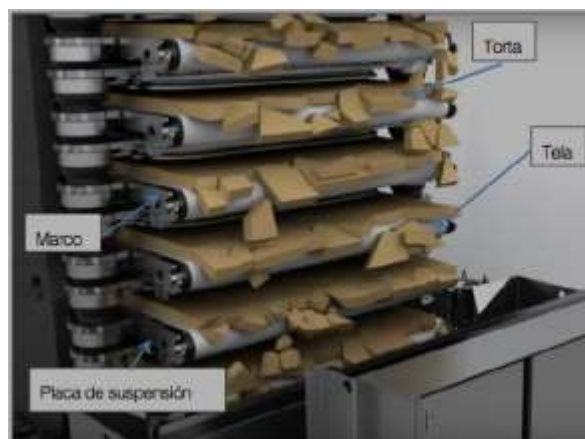


Figura 22: Descarga del queque o torta

FUENTE: Proyecto de María del Rocío de la Rosa Gilabert

- **Lavado de la correa:** Antes de comenzar un nuevo ciclo, se realiza un lavado a la correa y, durante el movimiento de retroceso de esta, al interior de la cámara con la puerta desviadora cerrada para evitar que caiga líquido junto con el queque descargado. La correa se detiene regresando a su posición original y el ciclo se repite automáticamente. El lavado de la correa es mediante agua a presión por ambos lados de la tela.



Figura 23: Filtro de prensa con placas horizontales
FUENTE: Tesis de BRITO FERRER, IBO IGNACIO

c. Filtro prensa de placas verticales

Mecanismo de acción: El cabezal (G) y el soporte terminal (H) son sostenidos por rieles de las barras de soporte (I) diseñados especialmente. El pistón hidráulico (D) empuja las placas de acero (E) contra las placas de polietileno (F) cerrando la prensa. La pulpa es bombeada a

las cámaras (A) por el medio filtrante (B). Al bombear, la presión se incrementa forzando al líquido a atravesar la tela, haciendo que los sólidos se acumulen y formen un queque (C). El filtrado pasa a través de las telas y es dirigido hacia los canales de las placas y puertos de drenaje (J) del cabezal para la descarga. Este filtrado típicamente contendrá menos de 15 ppm (mg/l) de sólidos en suspensión. La torta es fácilmente removida haciendo retroceder el pistón neumático, relajando la presión y separando cada una de las placas, para permitir que el queque compactado caiga desde la cámara.

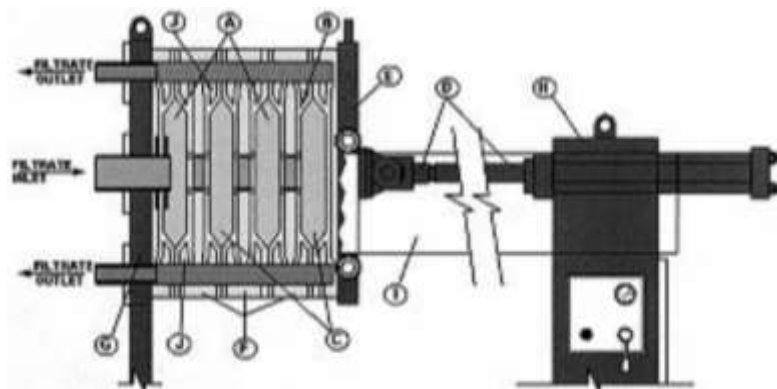
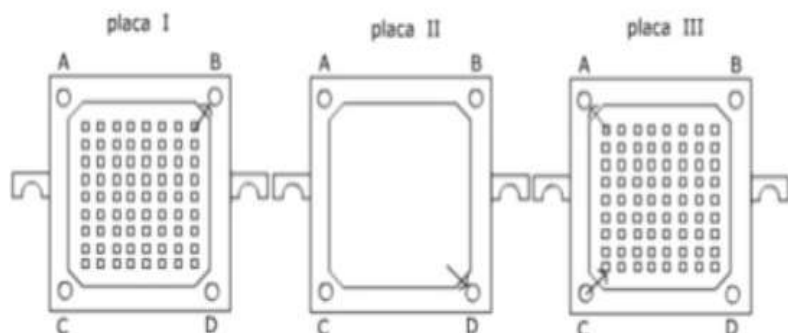


Figura 24: Esquema de un filtro de placas verticales
FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO



- A. Canal de salida de filtrado.
- B. Canal de salida del filtrado o líquido de lavado
- C. Canal de entrada del filtrado o líquido de lavado.
- D. Canal de entrada de pulpa.

Figura 25: Esquema de un filtro de placas verticales
FUENTE: CURSO METALURGIA DE ANTONIO MORENO

El filtro prensa de placas verticales cumple los siguientes pasos:

- ✓ CERRAR FILTRO – CERRAR COMPUERTA: Aquí debemos de verificar las siguientes condiciones:
 - Las placas deben estar alineadas y las lonas filtrantes no deben tener dobladuras, pliegues entre sí, para evitar goteos y salpicaduras durante el proceso de llenado.
 - El cierre del filtro prensa termina automáticamente cuando llega a la presión de cierre determinada. Esto se nota luego que se enciende la lámpara FILTRO PRESURIZADO.
 - Asimismo, la condición CERRAR FILTRO, se complementa con la etapa CERRAR COMPUERTA.
- ✓ ALIMENTACIÓN DE PULPA: Se abren y cierran las válvulas correspondientes, se enciende la bomba de lodos (recircular 1 minuto) y se hace el ingreso de pulpa al filtro. Cuando esté lleno abrir la válvula correspondiente.
- ✓ LIMPIEZA CANAL DE ALIMENTACIÓN: Se cierran las válvulas de pulpa y se abre la válvula de agua.
- ✓ SECADO DIAGONAL 1: Se abren las válvulas de aire y se cierran las válvulas de pulpa y las válvulas de agua filtrada.

- ✓ SECADO DIAGONAL 2: Se abren las válvulas de aire y se cierran las válvulas de pulpa y las válvulas de agua filtrada.
- ✓ SECADO POSTERIOR: Se abren las válvulas de aire de secado posterior y se cierran las válvulas de agua filtrada.
- ✓ PRE APERTURA: Se abren las válvulas de agua filtrada y se cierran las válvulas de pulpa y las válvulas de aire de secado. Encender la unidad hidráulica y abrir la placa móvil para permitir el goteo remanente de líquido en las placas.
- ✓ ABRIR COMPUERTA: Encender su respectivo motor, el motor se apaga cuando se activa el limit switch de la compuerta.
- ✓ ABRIR FILTRO: Se abre la placa móvil hasta la posición final. Retornar la placa móvil por 3 segundos para facilitar que la cadena de arrastre de esta placa quede floja. Antes de abrir el filtro prensa asegúrese de que la válvula de alimentación de pulpa esté cerrada. La placa móvil retorna hasta su posición inicial de reposo, quedando listo el filtro para descargar la torta. Una vez que el filtro este abierto retire la torta filtrante mediante el Separador de Placas.
- ✓ ABRIR PLACAS CON SEPARADOR Y DESCARGA DE TORTA: El separador de placas se acciona mediante el mando manual. Esta operación abre la placa y puede

detenerse en cualquier posición para revisar y limpiar la torta.

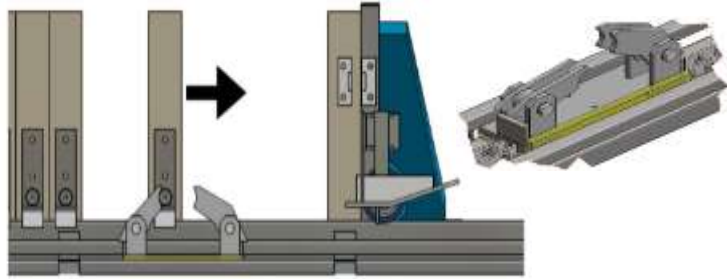


Figura 26: Posición del carrito separador al jalar una placa y llevarla hacia atrás.

FUENTE: Tesis de BRITO FERRER, IBO IGNACIO



Figura 27: 17Filtros de prensa de placas verticales marca Andritz

FUENTE: Tesis de Guido Nicolás Huillca Ayma

2.2.1.11. Técnicas avanzadas de filtros prensa

El uso de filtros prensa en la separación de sólido-líquido, es la solución actual de la minería debido a los altos rendimientos obtenidos en la industria pesada, debido a la exigencia en el filtrado con equipos de alta tecnología, estos equipos garantizan:

- Máxima confiabilidad y validez
- Asegura altos niveles de producción incluso en las condiciones más adversas
- Diseño mecánico simple de manejo y de gran robustez

- Menor consumo energético gracias a contar con el sistema de tracción integral de apertura/cierre con menor potencia instalada del mercado.
- Fácil sustitución de piezas sometidas a desgaste.
- Maximización de la vida útil del filtro prensa gracias a un exclusivo sistema de tracción que reduce las tensiones en estructura y bastidor.
- Operación limpia

Una de las empresas más importantes especializados en filtros prensa es TEFSA, con el modelo PFO usados principalmente en concentrados de mineral, minerales industriales y plantas de carbón, garantizan los mejores resultados bajo ciertas condiciones de operación:

- Equipos totalmente automatizados y programables
- Sistema de abertura rápida para garantizar el máximo de ciclos.
- Lavado y movimiento de telas en cada descarga en cuestión de segundos, quedando libre de partículas para garantizar la filtración siguiente.
- Eliminación de tiempos muertos
- Cierre por cuatro cilindros laterales
- Placas de cámara y placas de membrana de polipropileno de alta capacidad de ajuste.
- La alimentación de la pulpa es por la parte superior de la placa, siendo la alimentación exterior.

La siguiente tabla 6 es el orientador para la elección según las necesidades de filtrado:

Tabla 6: Tabla Modelos de filtro prensa

Modelo	Superficie filtrante (m ²)	Volumen de torta (lit)	Dimensiones LxWxH (mm)
PFO-1000	10 a 65	300 a 1400	600x1600x3400
PFO-1200	35 a 120	700 a 2600	8000x1800x3800
PFO-1500	70 a 220	1500 a 5000	10100x2100x4500
PFO-2000	125 a 400	2800 a 9000	13200x2600x5500

FUENTE: Elaboración propia

2.2.1.12. Datos de operación básico del filtro prensa

A. Bastidor.

Es el soporte estructural del filtro, está conformado por los siguientes elementos:

- **Mecanismo de cierre**, accionado por bomba hidráulica, que acciona uno o más cilindros de doble acción.



Figura 28: Mecanismo de cierre
FUENTE: Manual de filtro prensa

- **Cabezal fijo**, Constituye el otro extremo de la prensa y va provisto de las conexiones de las tuberías al filtro.



Figura 29: Cabezal fijo y conexiones de tuberías
FUENTE: Manual de filtro prensa

- **Cabezal Móvil**, transmite la fuerza de cierre sobre el paquete filtrante



Figura 30: Cabezal móvil del filtro
FUENTE: Manual de filtro prensa

- **Viga superior**, sirve de apoyo o soporte al paquete filtrante.



Figura 31: Figura Viga superior
FUENTE: Manual de filtro prensa

B. Paquete filtrante

Son los elementos para la separación de sólido-líquido:

- a. Placa filtrante, Conforman las cámaras donde se retiene y forma la “Torta” expulsando el agua, están fabricados de polipropileno.
- b. Telas filtrantes, realizan la primera operación, dando lugar a la formación de la primera capa sobre la que continua la filtración.



Figura32: Placa y telas filtrantes
FUENTE: Manual de filtro prensa

C. Equipo auxiliar

Sistema transporte automático de placas, realizan la apertura y desplazamiento de todas y cada una de las placas para la descarga de la torta.



Figura33: Sistema de transporte de placas
FUENTE: Manual de filtro prensa

Control eléctrico, el control se realiza través de elementos de Control Lógico Programable (PLC), requiriendo habitualmente



Figura34: Sistema de control eléctrico
FUENTE: Manual de filtro prensa

D. Canal de desagüe

Está situado en uno de los laterales del filtro prensa debajo de los grifos de las placas filtrantes, en seguida el agua sale por una tubería hacia los depósitos de agua filtrada.

2.2.1.13. Procedimiento de filtración y limpieza filtro prensa vertical.

a. Cierre de la prensa: si el filtro está vacío completamente, la cabeza movable que es activado por el sistema hidráulico cierra las placas.

b. Rellenado: Es una fase corta, en este caso la cámara se llena con concentrados para su filtración. El tiempo de relleno depende de la bomba de alimentación.

c. Filtración: Una vez rellena la cámara, la llegada de manera continua de concentrado a tratar para ser filtrado provoca un aumento de la presión debido a la formación de una capa espesa de concentrado (queque) en las membranas, la alarma de parada se activa automáticamente cuando se alcanza el final de la capacidad de filtración. Cuando la bomba de filtración es desactivada, los circuitos de filtración y ductos centrales, que están todavía rellenos de lodo se les aplica aire comprimido para su purgado.

d. Apertura del filtro: La cabeza movable se retira para desarmar la primera cámara de filtración. La pasta cae por su propio peso. Cuando el sistema es mecanizado la pasta cae por sí solas.

e. Limpieza: La limpieza de las membranas se puede realizar después de 15 a 30 operaciones de filtrado, esta limpieza se realiza mediante spray de agua a altas presiones (80 a 100 bar). La limpieza esta sincronizada con la separación de las placas.

2.2.1.14. Datos técnicos de operación del filtro prensa vertical

Las condiciones de operación de filtración dependen de muchos factores, entre los cuales destacan:

- Propiedades del fluido, tales como su densidad, viscosidad e índice de corrosión.
- Naturaleza del sólido, tal como su tamaño, forma y distribución de tamaño.
- Propiedades de la suspensión, tales como su concentración y compresibilidad.
- Cantidad de material a tratar.
- Valor del material y si el material valioso es el sólido, fluido o ambos.
- Si es importante o no la contaminación del producto.

Los factores de operación en el proceso de filtración con el filtro prensa vertical, son:

- **Factor de entrada:** Concentración de minerales con densidad baja
- **Factor de salida (descarga):** Humedad del queque con densidad alta.

- **Parámetros.** Porosidad, permeabilidad y compresibilidad del queque, densidad y viscosidad del filtrado, densidad y forma de las partículas.
- **Perturbaciones:** Granulometría del sólido.
- **Variables de control:** Tiempo de filtración, de lavado y de secado, magnitud de la agitación.

2.3. Definición de Términos Básicos

Conocer: tener idea o captar por medio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y circunstancias de las personas y las cosas

Conocimiento: acción y resultado de conocer. Conjunto de nociones e ideas que se tiene sobre una materia

Investigación: estudio profundo de alguna materia. Indagación, búsqueda

Científico: de la ciencia o relativo a ella

Ciencia: conocimiento ordenado y generalmente experimentado de las cosas. Conjunto de conocimientos y doctrinas metódicamente ordenado, relativo a una materia determinada.

Filtración: La filtración es un proceso unitario de separación de sólidos en suspensión por medio de un medio mecánico poroso, también llamados tamiz, criba o filtro.

Filtrar: Hacer pasar una sustancia líquida por un filtro. Pasar un líquido a través de una pared o un cuerpo poroso.

Queque: Mineral pulverizado deshidratado, que contiene muy poca cantidad de agua.

Membrana: Cualquier tejido o conjunto de tejidos que presenta una forma laminar y tiene consistencia blanda.

Placa: Plancha o lámina de metal u otra materia, generalmente rígida y de poco grosor.

Clarificar: Explicar, disipar, eliminar lo que oscurece la claridad o transparencia de algo.

Sedimentación: Es la operación que consiste en separar de una suspensión un fluido claro y una pulpa bastante densa que debe contener elevada concentración de materia sólida, los métodos pueden ser la gravedad, fuerza centrífuga o cualquier otro tipo de fuerza.

Espesamiento: Es la incrementación de la concentración de los sólidos en la pulpa, metalúrgicamente esta acción se realiza en los espesadores.

Clarificación: Obtener un efluente claro a partir de la pulpa.

Filtro prensa: Estos equipos son de tipo discontinuo, ya que deben detenerse para cargar la pulpa y para descargar el queque seco

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Investigación descriptiva.

El presente trabajo de investigación será del tipo descriptivo cuya característica fundamental es la interpretación correcta de informaciones documentales sin la manipulación de factores o indicadores experimentales.

“Como se ve, en este trabajo, la investigación descriptiva es amplísima: abarca todo tipo de recolección científica de datos, con el ordenamiento, tabulación, interpretación y evaluación de éstos” (Luís Achaerandio Zuazo, 2010, pág. 23)

“La investigación descriptiva, es típica de las ciencias sociales; examina sistemáticamente y analiza la conducta humana personal y social en condiciones naturales, ven los distintos ámbitos” (Luís Achaerandio Zuazo, 2010, pág. 23)

3.2. Método de investigación

El método es una serie de pasos o procesos sucesivos sistemáticos que conducen a una meta final, sin violar a la ética.

El método científico usa conceptos y teorías de manera precisa, a diferencia del sentido común que es menos preciso y que es ingenuo e intuitivo. El método científico, a diferencia del sentido común, somete a prueba, sistemática y empíricamente, sus teorías e hipótesis con prevalencia de la objetividad y de los hechos, sobre la subjetividad (Luís Achaerandio Zuazo, 2010, pág. 6).

Los métodos de investigación son más generales que las técnicas, a las cuales las utilizan como medios de apoyo. Las técnicas son específicas y tienen un carácter instrumental. Por ejemplo: técnicas de muestreo, de cuestionarios, de entrevistas, de observación, etc. Una investigación elige un método y puede aplicar diversas técnicas e instrumentos de investigación (Martín Sats, 2010, pág. 20)

3.2.1. Tipos de método investigación científica

Método Inductivo: A partir de estudios particulares o análisis documental, se llegó obtener conclusiones o leyes universales; que permitió realizar la selección final del equipo filtro prensa.

Método Deductivo: A partir de una ley universal o general se llegó obtener la selección final del equipo filtro prensa.

3.3. Población y muestra.

Población, fue los dos tipos de concentrado Pb-Ag y Zn producido, 35.34 THPD de ZnS y **la muestra**, fue el concentrado de PbS.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

a. Técnicas de recolección de Datos

En cualquier caso, para que los instrumentos de recolección de datos y los instrumentos de filtración, para ser usados en una investigación científica como en la empresa o trabajo deben cumplir tres requisitos fundamentales, tales como la confiabilidad, validez y objetividad.

b. Recolección de información.

Se realizó mediante el análisis documental, para lo cual se usó los gestores bibliográficos, especialmente a los repositorios de las universidades y al google académico.

Además, la información necesaria para la instalación y puesta en marcha del equipo deben ser recopilados por los especialistas, en el lugar donde se hará el montaje del filtro prensa, los cuales deben ser detallados por los especialistas las informaciones necesarias de:

- Consumo de agua real.
- Levantamiento de planos de instalación diversos: civil, eléctrica, mecánica y otros.
- Interpretación de los datos obtenidos.
- Otros que sean necesarios, que pudieran presentar datos menores o complementarios.

c. Selección del equipo

Una vez aprobado el proyecto por los responsables de la empresa, se cumplirán:

- Lugar de instalación
- Selección de equipo según marcas o la propuesta por la tesista.
- Costo del equipo
- Materiales, accesorios requeridos.
- Revisión de la recolección de información
- Obras civiles
- Instalación del sistema
- Puesta en marcha y reajustes

- Plan de entrenamiento
- Planificar plan de mantenimiento preventivo
- Análisis del impacto económico del proyecto
- Análisis de impacto ambiental

d. Principales partes del filtro prensa.

- Unidad de Presión Hidráulica
- Presostatos de aceite.
- Cilindros hidráulicos de cierre-apertura de placas.
- Grupo de placas.
- Deslizamiento de placas.
- Sistema de lavado de telas.
- Unidad de presión hidráulica

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

No existen datos cuantitativos experimentales para el procesamiento de análisis de datos experimentales, por la tesis tipo básico o descriptivo.

3.6. Orientación Ética

La ética es una ciencia que tiene por objeto de estudio a la moral y la conducta humana de los investigadores

En el presente caso, la investigación científica se orientó al grupo de interés de la empresa o de la comunidad, para:

- Mejorar los beneficios económicos
- Prevenir el impacto ambiental negativo
- Deterioro de los recursos naturales
- Aspectos tecnológicos

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.1.1. Descripción de actividades de la planta concentradora

A. Sección chancado.

Esta operación se realizó en un horario desde las 15 horas hasta las 17 horas, el mineral procedente de la cancha de gruesos con una granulometría mayor a 8"; en el área de chancado se realizó la reducción hasta obtener la granulometría de 1/2" almacenando en la tolva de finos; para ello se consideró el circuito siguiente, ver tabla 7:

Tabla 7: Sección chancado

N°	CIRCUITO	ABERTURA
1	Tolva de gruesos	
2	Faja reciprocante	
3	Zaranda 1	1 1/2"
4	chancadora de quijada	10 a 2 1/2"
5	faja 1	
6	zaranda 2	1/2"
7	faja 2	
8	chancadora cónica	2 1/2" a 1/2"
9	tolva de finos	

FUENTE: Elaboración propia

B. Sección molienda.

Esta operación de molienda se realizó en un horario desde las 07 horas hasta las 19 horas; el mineral que viene desde la tolva de finos con una granulometría de 1/2” y en el área de molienda se realizó la liberación del mineral, obteniendo una pulpa con densidad en el OVER menor de 1340; para ello se consideró el circuito siguiente, ver tabla 8 y 9:

Tabla 8: Sección molienda

Nº	CIRCUITO	ADICION
1	Tolva de finos	
2	Faja alimentadora	
3	Chut de alimento	AGUA / MIX 1 / MIX 2
4	Molino de bolas	
5	Tromell	AGUA / XANTATO / A-3418
6	Cajón de descarga de pulpa	AGUA
7	Bomba de pulpa	
8	Hidrociclón	
9	Over	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9: Características de las operaciones realizadas

Resumen de las actividades realizadas	
Promedio de corte de faja	2.89 kg/h
Promedio de densidad de Descarga	1566
Promedio de densidad de Over	1157
Promedio de densidad de Under	1995
Horas trabajadas	10
Horas paradas	2
Total tonelaje molido seco	41.905

FUENTE: Elaboración propia

C. Sección flotación para la concentración de Pb-Ag y Zn.

El proceso de flotación se realizó en un horario desde las 07 horas hasta las 19 horas, para mayor explicación o detalle ver las tablas 10; 11; 12, 13, 14, 15 y 16:

Tabla 10: Circuito de flotación Pb-Ag

	ENTRADA	SALIDA
CELDA FLASH	CONCENTRADO 1	CONCENTRADO 0 (CC FINAL 1)
		COLA 0
Celda de Flotación Ws1	OVER	CONCENTRADO 1
	CONCENTRADO 2	COLA 1
Celda de Flotación Ws2	COLA 1	CONCENTRADO 2
	CONCENTRADO 3	COLA 2
Celda de Flotación Ws3	COLA 2	CONCENTRADO 3
	CONCENTRADO 4	COLA 3
Celda de Flotación Denver(4 BANCOS)	COLA 3	CONCENTRADO 4
		COLA 4 (RELAVE FINAL 1)

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 11: Circuito de flotación Zn

	ENTRADA	SALIDA
Celda de Flotación Ws1	COLA 4	CONCENTRADO 5 (CC FINAL 2)
	CONCENTRADO 6	COLA 5
Celda de Flotación Ws2	COLA 5	CONCENTRADO 6
	CONCENTRADO 7	COLA 6
Celda de Flotación Ws3	COLA 6	CONCENTRADO 7
	CONCENTRADO 8	COLA 7
Celda de Flotación Denver (4 BANCOS)	COLA 7	CONCENTRADO 8
		COLA 8 (RELAVE FINAL 2)

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 12: Adición de reactivos en el circuito de Pb-Ag

HORA	ZnSO4.NaS HO3	ZnSO4.CNN a	XANTATO	A-3418	MIBC (canaleta)
7.00	665	200	34	0.50	8
8.00	665	200	34	0.50	8
9.00	665	200	34	0.50	8
10.00	665	200	34	0.50	8
11.00	665	200	34	0.50	8
12.00	665	200	34	0.50	8
13.00	665	200	34	0.50	8
14.00	665	200	34	0.50	8
15.00	665	200	34	0.50	8
16.00	665	200	34	0.50	8
17.00	665	200	34	0.50	8
18.00	665	200	34	0.50	8

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 13: Adición de reactivos en el circuito de Zn

HORA	CAL (PH)	CuSO ₄	XANTATO	MIBC (canaleta)
7.00	12	301	4	1
8.00	12	301	4	1
9.00	12	301	4	1
10.00	12	301	4	1
11.00	12	301	4	1
12.00	12	301	4	1
13.00	12	301	4	1
14.00	12	301	4	1
15.00	12	301	4	1
16.00	12	301	4	1
17.00	12	301	4	1
18.00	12	301	4	1

FUENTE: Elaboración propia

- ✓ Se añade 1 saco de cal (30 kg) a la calera cada 90 min.

Tabla 14: Adición detallada de los reactivos en el circuito de Pb-Ag

ADICION DE REACTIVOS EN cc/min CIRCUITO DE Ag-Pb													
HORA	ENTRADA DEL MOLINO		DESCARGA DEL MOLINO		Celda Flash	Celda de Flotacion Ws1		Celda de Flotacion Ws2		Celda de Flotacion Ws3		Celda de Flotacion Denver	
	ZnSO4.NaS HO3	ZnSO4.CN Na	XANTATO	A-3418	MIBC (canaleta)	XANTATO	MIBC (canaleta)	XANTATO	MIBC (canaleta)	XANTATO	ZnSO4.NaS HO3	XANTATO	MIBC (canaleta)
7.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
8.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
9.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
10.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
11.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
12.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
13.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
14.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
15.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
16.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
17.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4
18.00	640	200	2	0.50	2	1	1	1	1	10	25	20	4

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 15: Adición detallada de los reactivos en el circuito de Zn

ADICION DE REACTIVOS EN cc/min CIRCUITO DE Zn											
HORA	Celda de Flotacion Ws1					Celda de Flotacion Ws2		Celda de Flotacion Ws3		Celda de Flotacion Denver	
	CAL	CuSO4	CuSO4	XANTATO	MIBC (canaleta)	CuSO4	XANTATO	CuSO4	XANTATO	CuSO4	XANTATO
7.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
8.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
9.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
10.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
11.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
12.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
13.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
14.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
15.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
16.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
17.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1
18.00	12	20	275	1	1	2	1	3	1	1	1

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 16: Balance metalúrgico I de Glore

BALANCE METALURGICO											
PRODUCTOS	MINERAL TMH	% PESO	L E Y E S			CONTENIDOS METALICOS			RECUPERACIÓN		
			Onz Ag	% Pb	% Zn	Onz Ag	Pb	Zn	%Ag	%Pb	% Zn
Cab. Lab.	1,214.68	100.00	9.63	1.32	0.93	116.97	16.03	11.30	98.52	100.00	100.00
Conc. Pb	31.98	2.63	345.00	44.18	5.82	110.34	14.13	1.86	92.93	88.13	16.48
Conc. Zn	18.34	1.51	14.00	1.49	45.10	2.57	0.27	8.27	2.16	1.70	73.21
Rve. Final	1,164.36	95.86	0.50	0.14	0.10	5.82	1.63	1.16	4.90	10.17	10.31
Cab. Calc.	1,214.68	100.00	9.77	1.32	0.93	118.73	16.03	11.30	100.00	100.00	100.00

FUENTE: Elaboración propia

Durante los 10 días de proceso se obtuvo 31.98 toneladas de concentrado de plata-plomo, lo que equivale a 3.19 toneladas de concentrado de Pb-Ag por día y **1.6 toneladas** de concentrado de Pb-Ag por guardia (12 horas); con una densidad de 1320 g/L

Durante los 10 días de proceso se obtuvo 18.34 toneladas de concentrado de zinc, lo que equivale a 1.83 toneladas de concentrado de Zn por día y **0.92 toneladas** de concentrado de Zn por guardia (12 horas); con una densidad de 1300 g/L

4.1.2. Análisis granulométrico de la muestra (concentrado) de alimentación al filtro prensa.

Los concentrados provienen de la planta concentradora de minerales. El concentrado de la flotación de sulfuro de plomo ingresará a la planta de filtrado a una tasa de diseño de 3.19 toneladas de concentrado de Pb-Ag por día.

El análisis fisicoquímico del concentrado de PbS que sale de la celda de limpieza, será alimentado a la planta de sedimentación, ver tabla 17.

Tabla 17: Análisis fisicoquímico del concentrado final de zinc

CONCENTRADO FINAL DE Pubs												
Malla	Abert. (um)	Peso (%)	Peso (t/h)	Leyes (g/t)			Finos (g/h)			Distribución (%)		
				Pb	Ag	Zn	Pb	Ag	Zn	Pb	Ag	Zn
100	149	27,07	6,82	1,20	7,45	25,12	32,49	50,81	171,32	22,20	21,31	20,59
270	53	18,42	4,64	1,86	15,82	55,68	34,26	73,40	258,36	23,41	30,78	31,05
-270	37	54,51	13,73	1,46	8,32	29,3	79,58	114,23	402,29	54,38	47,91	48,35
	TOTAL	100,00	25,19	1,463	9,466	33,027	146,33	238,45	831,96	100	100	100

FUENTE: Elaboración propia

4.1.3. Esquema de filtrado.

La planta de filtrado de concentrados mineros (PFC) instalado en la empresa hará la operación de filtrado a los concentrados proveniente de la Minera Perú Sol-Planta de Beneficio San Martín-Huari, que obtiene 3,19 toneladas de concentrado de plomo por día, conteniendo un aproximado de 35 % de sólidos, hasta espesarla y filtrar hasta obtener un queque (queque) con 90% de sólidos aproximadamente en el futuro, haciendo uso de esta figura se hará el balance de agua, ver figura 35.

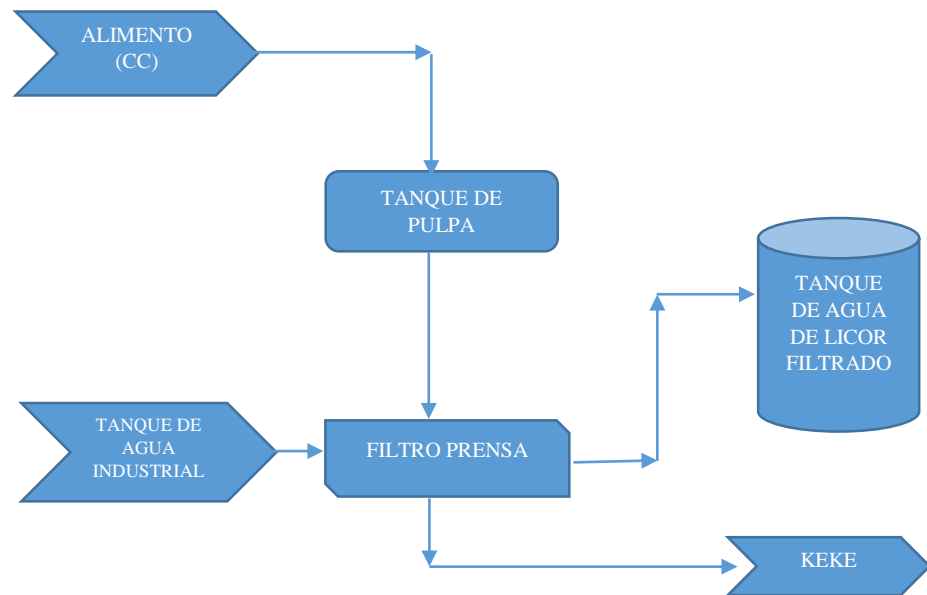


Figura 35: Esquema final de filtrado.
FUENTE: Elaboración propia

El agua recuperada, se bombeará hacia una poza de concreto armado cuya capacidad debe ser calculado en función a un balance de agua después del funcionamiento del filtro prensa; en seguida el agua debe retomar por gravedad desde la poza hacia la planta de beneficio para ser re-usada en el procesamiento de los minerales, de esa manera se podrá disminuir o evitar el uso de agua fresca.

En resumen, significa no contaminar a los efluentes líquidos de la zona, para cumplir con los límites máximos permisibles del D.S. 010-2010 MINAM, clasificado como categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales.

4.1.4. Características del concentrado producido por la empresa para el filtrado.

Los parámetros que se deben considerar para la selección del filtro prensa son:

Tipo de producto	: Concentrado de Pb-Ag
Producción total estimada por día	: 3,19 ton/día

Peso específico del producto	: 1,320 g/L
Horas de trabajo / día	: 24 horas/día
Porcentaje de humedad del concentrado	: 60 – 65 %

Estas consideraciones son fundamentales para la selección del equipo principal, filtro prensa, los demás equipos complementarios son elegidos en función a la selección del filtro en particular.

Una vez seleccionado el filtro, se procede a seleccionar los equipos complementarios, básicamente lo conforman los sistemas siguientes:

- Tanque de Pulpa
- Tanque de agua industrial
- Tanque de licor filtrado
- Bomba de Pulpa
- Bomba de Agua
- Compresor de aire
- Tanque pulmón de aire
- Secador de aire
- Válvulas (pulpa)
- Válvula (licor)
- Determinados el equipo principal y complementarios se proceden a levantar los planos de disposición de los equipos.

4.2. Discusión de resultados

Se consideró como alternativas de solución, cuatro tipos de filtro prensa para la implementación de una nueva planta de filtrado de concentrados, en el cual se incluye el costo del equipo principal y de accesorios complementarios; en seguida se detalla brevemente:

4.2.1. Filtro prensa Cidelco

Tabla 18: Tabla Costo filtro prensa Cidelco

Descripción	Costo (U\$\$)
Equipo Filtro prensa Cidelco puesto en obra	305,000
Equipos Complementarios	134,085
Montaje y arranque de Filtro Cidelco	48,880
Costo de la Edificación necesaria	334,240
Costo de Inversión del Proyecto	822,205

FUENTE: Huilca Ayma, Guido N.

4.2.2. Filtro prensa Andritz

Tabla 19: Tabla Costo filtro prensa Andritz

Descripción	Costo (U\$\$)
Equipo Filtro Prensa Andritz puesto en obra	371,500
Equipos Complementarios	134,915
Montaje v arranque de Filtro prensa	35,000
Costo de la Edificación necesaria	327,571
Costo de Inversión del Provento	868,986

FUENTE: Cortesía de Andritz

4.2.3. Filtro prensa EXW Henan

Precio total CIF= Precio de fábrica: USD18,662

Filtro prensa : 16,961 USD
Las Refacciones : USD1501
Caja de madera : USD200

a. La imagen del equipo es:



Figura 36: Filtro prensa EXW Henan, modelo XMGZ80/1000

FUENTE: Cortesía de Dazhang Grupo

b. Tecnología

- Excelente calidad certificada por ISO y CE.
- Las placas de PP tienen un rendimiento sobresaliente en alta presión y alta resistencia a la presión; y son buenos para la resistencia al ácido y álcali.
- La estación hidráulica tiene un funcionamiento estable y es fácil de mantener. El cilindro puede realizar una alta presión de cierre de 20-25 MPa y garantizar la humedad más baja de la torta.
- El sistema de control puede realizar un funcionamiento totalmente automático, como el cierre automático, la apertura automática, el cambio automático de planchas, de modo que se ahorre tiempo de trabajo y mano de obra.
- La estructura está hecha de acero al carbono de alta calidad Q235B y se procesa con chorro de arena para eliminar el óxido y obtener una mayor intensidad y resistencia a la corrosión.
- Todos los rayos se producen haciendo uso de la tecnología de soldadura automática de arco sumergido.
- Las barras laterales están cubiertas por acero inoxidable 304, que puede mejorar la eficiencia del trabajo de la palanca de cambios de placa.
- Buenas características de filtro de tela de alta captura de sólidos y tortas fáciles de descargar.
- Cada prensa de filtro hará una prueba de funcionamiento para garantizar el mejor rendimiento.

c. **Certificación:** Ver imagen 32 de certificación de compra:



Figura 37: Certificado de conformidad del filtro prensa EXW Henan
FUENTE: Cortesía de Dazhang Grupo

d. **Especificaciones:** Ver tabla 20.

Tabla 20: Características del filtro prensa EXW Henan

Controlar sistema	Cierre de placa	Automática
	Descarga de torta	Apertura automática del sistema de cambio de placa uno x uno
Estructura	Viga principal	Acero al carbono de alta calidad Q235B
	Procesamiento de superficie	Granallado de arena centrífugo de alta velocidad
Placa filtro	Tipo de placa	Placa de membrana
	Materia	PP
	Descarga de líquido	Flujo Abierto
	Método de alimentación	Alimentación media
	Resistencia a la temperatura	<90°C
	Resistencia a la presión	0.6MPa
Sistema Hidráulico	Presión de membrana	0.8Mpa
	Presión de cierre	20MPa
	Compensación de presión	Auto
	Cilindro	Acero # 45
Tela	Tubería de Petróleo	Alta presión 32MPa Baja presión 22MPa
	Materia	PP/PET
	Filtrado de precisión	250/400/500 Malla
	Resistencia ácida y alcalina	Bueno
	Resistencia a la abrasión	Bueno
	Resistencia al calor	90°C

FUENTE: Cortesía de Dazhang Grupo

Tabla 21: Características del filtro prensa modelo XMGZ80/1000

Modelo	XMGZ80/1000	
Cantidad	1 unidad	
Placa	45+1+1 Piezas	
Dimensión interna	890 mm	
Dimensión fuera	1000 mm	
Espesor de la placa	72/70 mm	
Grosor de la torta	35 mm	
Volumen de filtrado real	1275 L	
Área de filtrado real	80 m²	
Potencia de motor	4.0 kw	
Voltaje de alimentación	Personalizado	
Dimensión	Largo	5560 mm
	Anchura	1500 mm
	Altura	1400 mm
Peso (Corriendo)	5719 kg	

(Nota: El tamaño es solo para referencia, no incluye la bomba de alimentación, le daremos un juego de tela de filtro de forma gratuita.)

FUENTE: Cortesía de Dazhang Grupo

e. Las refacciones (facultativo): Ver tabla 22.

Tabla 22: Costo de los accesorios del filtro prensa XMGZ80/1000

Nº	Productos	Precio Unitario	Cantidad	Precio total
		USD	Pcs/Set	USD
1	Placa de membrana	223	2	446
2	Placa de cámara Combinada	112	2	224
3	Tela filtrante	17	47	799
4	Medidor de presión	32	1	32
TOTAL				USD1501

Nota: En cuanto a la tela filtrante 47 piezas = 45 placas + 2 placas finales

FUENTE: Cortesía de Dazhang Grupo

Para puesta en marcha de este equipo considero el 100% del valor del filtro prensa: Los gastos se enumeran en las limitaciones del presente trabajo de tesis, ver en la introducción.

Además, el área de filtrado real es mayor a de los filtros mencionados incluyendo a los filtros de la empresa especializada, Wastewater Equipment Industries (Toro). Ejemplo el filtro propuesto Modelo XMGZ80/1000 de 45 placas tiene área de filtrado real 80 m² y el modelo FPM 80/50 (Toro) de 50 placas tiene área de filtrado real 53,40 m²; además del precio, se justifica la compra.

4.2.4. Filtro prensa Filtronic FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R

Precio total CIF= 15,000 USD

a) La imagen del equipo es:

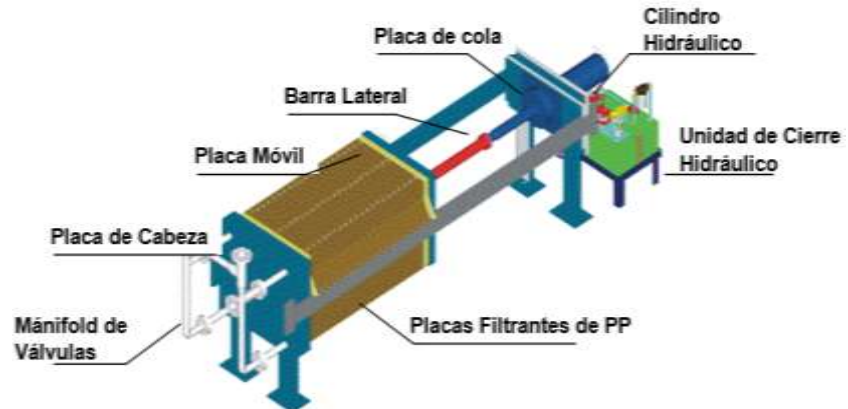


Figura 38: Filtro prensa Filtronic modelo: FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R
FUENTE: Cortesía de Filtronic

b. Tecnología

- Este filtro está formado por una estructura de acero al carbono que consiste en una placa sólida llamada placa fija o cabecera, que es la placa por donde ingresa y sale el líquido a filtrarse. Al otro extremo de la placa fija se ubica la placa de cola. Estas 2 placas están unidas por dos barras sólidas llamadas largueros o barras laterales.
- Dentro de la armazón de estas 2 placas, se colocan las placas filtrantes de polipropileno unidas entre sí por una tercera placa sólida llamada placa móvil, que es la que se encarga de juntar y presionar las placas filtrantes.
- La placa móvil presiona las placas filtrantes de polipropileno hacia la placa fija mediante un Cilindro Hidráulico de alta presión y accionado por un Sistema de Cierre Hidráulico, compuesto por dos bombas hidráulicas y controles diversos para

mejor operatividad.

- **NOTA: Un filtro prensa opera a altas presiones. Si se usa con líquidos peligrosos puede contener residuos altamente riesgosos y deben ser manejadas con la misma cautela y normas de seguridad que se recomienda en su planta en el tratamiento de estos productos; por ejemplo: el uso de guantes, respiradores, caretas de protección, anteojos, etc.**

c. Garantía

- La garantía del filtro prensa es de 36 meses, respecto a la estructura metálica, contados a partir de la fecha de entrega.
- La garantía de las placas filtrantes de membrana es de 10,000 ciclos o 12 meses, lo primero que se cumpla.
- La garantía de las placas filtrantes rígidas es de 12 meses.
- La garantía del Sistema de Cierre Hidráulico es de 12 meses, y no cubre el desgaste de los o-rings, sellos hidráulicos y mala operación del equipo.
- La garantía del sistema eléctrico y electrónico es de 12 meses
- La garantía de las lonas filtrantes es de 2 meses, y está limitada al uso adecuado de las mismas.
- El filtro prensa FILTRONIC es un equipo muy robusto y sólidamente configurado para trabajar con altas presiones de operación en la filtración. Pero puede ser dañada si no se siguen las reglas de operación y mantenimiento que se recomiendan.

Filtración S.A.C. no se responsabiliza por daños sufridos por el equipo, partes componentes y otros de su estructura en general,

siendo anulada la garantía si:

- Cualquier repuesto o elemento es operado de manera incorrecta o negligente.
- El equipo no recibe el mantenimiento de acuerdo a las instrucciones dadas.
- Las condiciones de operación exceden los límites de temperatura y presión de diseño especificados en la placa del filtro.
- Recomendamos que este equipo sea operado y mantenido por personal cuya continuidad en el trabajo sea permanente.

d. Los equipos recomendados del proceso son:

- Tanque de Pulpa : TP00
- Tanque de agua industrial : TA00
- Tanque de licor filtrado : TF01
- Bomba de Pulpa : BL01
- Bomba de Agua : BA01
- Compresor de aire : CA00
- Tanque pulmón de aire : PA00
- Secador de aire : SA00
- Válvulas de diafragma de 4” : K – M
- Válvula de diafragma de 3” : N
- Válvula de diafragma de 4” : S (Opcional)
- Válvulas mariposa de 3” : A – B – C – D
- Válvulas de bola de 1 ½” : Z1 – Z2
- Válvula de bola de 1” : W1

e. Especificaciones:

- MODELO : FP 120/51 PNC P08/T40 R
- # Serie : IF PCC 176 19
- Material de la estructura : Acero al carbono A-36 y
mánifold de válvulas en
acero inoxidable
- Tipo de Placas : Polipropileno de 1200 mm
- Material de las Placas : Polipropileno Gris Virgen
- Material de la Tela Filtrante : Polipropileno PP – 457
- Capacidad de Prensa : 2,055 lt
- Superficie filtrante : 118 m²
- Espesor de Torta : 40 mm
- Número de Placas : 51 (Incluye placa de cabeza y
cola)
- Tamaño de Placas : Cuadradas de 1200 mm
- Presión de Operación : Hasta 120 psi
- Alimentación : Central, 4”
- Descarga : Por las 4 esquinas, descarga de 3”
Separador de placas uno por uno
- Sistema de cierre : Hidráulico, automático.
Compuesto por 02 bombas
hidráulicas, la primera accionada por
01 motor de 12.5 HP, la segunda
accionada por 01 motor de 4 HP, 01
cilindro hidráulico doble efecto, 02

presostatos de alta presión, válvulas de alivio y reguladores.

4.2.5. Propuesta de compra del equipo filtro prensa

Realizados los análisis bibliográficos y las comparaciones de precios tomando en cuenta el ítem 4.3; consideré que para la pequeña minería en estudio el equipo deber ser lo más automatizado posible, en consecuencia, propongo la compra del filtro prensa **Filtronic FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R.**

CONCLUSIONES

1. El tiempo de relleno del concentrado de minerales depende del flujo de la bomba de alimentación, es recomendable rellenar el filtro rápidamente para de esa manera evitar la formación de una pasta dura antes de que se haya rellenado totalmente.
2. Realizada las comparaciones de las características con filtros producidos por otras empresas; se recomienda a la empresa la compra del filtro prensa a **Filtronic FP 1200 / 51 PNC P08/T40 R.** por ser, equipo totalmente automatizado y con costo razonable de compra.
3. La limpieza de las membranas de las placas del filtro se realizará haciendo uso de alta presión, ya que a comparación con soluciones acidas es menos dañina a la lona misma.
4. El agua filtrada debe retornar por gravedad hacia la planta de beneficio para ser re-usada en el procesamiento de los minerales, disminuyendo de esa forma el uso de agua fresca.
5. Se espera que este estudio sea ratificado por la empresa, una vez realizada la instalación y puesta en marcha, el equipo debe ser continuamente ajustado, para la optimización del proceso para obtener el rendimiento real del equipo. Finalmente, el filtro prensa funcionará de manera autónoma lo más eficiente posible.

RECOMENDACIONES

1. Para la instalación en puesta en marcha del equipo, se debe contratar un equipo de trabajadores especializados con mucha experiencia en este tipo de máquina, además capacitar a los trabajadores o contratar personal calificado en esta área.
2. Aplicar la técnica de los diseños experimentales en la evaluación del porcentaje de sólidos de la pulpa acondicionada que ingresa al filtro prensa, en general en la optimización del filtro prensa, etc.; de tal manera que el equipo tenga longevidad necesaria.
3. En la limpieza del filtro, el lavado de telas es recomendado hacerlo con uso de alta presión, es efectivo para retirar algunas partículas retenidas en el tejido de la tela. Sin embargo, debido a que se trabaja con altas presiones existe el riesgo de dañar la tela, o causar daños personales por lo que se recomienda tomar las precauciones de seguridad para estos casos. Dirigir el chorro de agua a un ángulo aproximado de 45° con la tela, para obtener los mejores resultados y para que la penetración del agua sea profunda sin dañar la tela. **CUIDADO: PRESIONES MAYORES A 50 BAR DAÑAN CUALQUIER TELA FILTRANTE.**
4. Al presenciar agujeros en las telas: Un agujero o rasguño en la tela filtrante puede ser reparado en muchos casos. Normalmente se puede parchar el agujero con el mismo tipo de tela y con el hilo apropiado. Verifique que la zona donde trabajará esta reparación no esté comprometida con esquinas, crestas u obstruya algún agujero de alimentación

BIBLIOGRAFIA

- Calderón Saldaña, J. P., Alzamora de los Godos Urcia, L., & del Águila Horna, E. (2009). *Guía de Elaboración de Proyectos de Tesis Doctoral*. Lima-Perú: Universidad Alas Peruanas.
- Capone Barraza, M. (2016). Filtros prensa para relaves. *Grado de Magister en Gestión y Dirección de Empresa*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Luís Achaerandio Zuazo, S. J. (2010). *Iniciación a la práctica de la investigación*. Guatemala: Karen Cecilia de la Vega Toledo y Guatavo García Pong.
- Martín Sats, T. (2010). *Guía elemental de Técnicas de Investigación*. México: Chialtenango.
- Mejías Neira, C. (2015). Identificación de la función densidad de flujo mediante medición de curvas de asentamiento de suspensiones y simulación numérica de sedimentación continua. *Título Profesional de Ingeniero Civil Matemático*. Universidad de Concepción, Chile.
- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Rizo Gómez, A. (2015). *Instalación y puesta en marcha de filtro prensa para el tratamiento de lodos en la empresa Quebrador Ochomogo LTDA*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Romero Huamancusi, L. G. (2012). Montaje de un filtro prensa de 54 placas para ampliar la producción de 600 TMPD a 1600 TMPD en una planta polimetálica. *Título Profesional de Ingeniero Mecánico*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

Yaranga Ramos, J. (2009). Incremento de tonelaje de la Planta Concentradora "Berna N
2" de la Cía Minera Casaplaca S.A. *Título de Ingeniero Metalurgista*. Universidad
Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

ANEXOS

- Instrumentos de Recolección De Datos

➤ Equipos de la empresa:

Equipos del área de chancado:

N°	CIRCUITO	ABERTURA
1	Tolva de gruesos	
2	Faja reciprocante	
3	Zaranda 1	1 1/2"
4	chancadora de quijada	10 a 2 1/2"
5	faja 1	
6	zaranda 2	1/2"
7	faja 2	
8	chancadora cónica	2 1/2" a 1/2"
9	tolva de finos	

Equipos del área de molienda:

N°	CIRCUITO	ADICION
1	Tolva de finos	
2	Faja alimentadora	
3	Chut de alimento	AGUA / MIX 1 / MIX 2
4	Molino de bolas	
5	Tromell	AGUA / XANTATO / A-3418
6	Cajón de descarga de pulpa	AGUA
7	Bomba de pulpa	
8	Hidrociclón	
9	Over	

Equipos del área de flotación:

	ENTRADA	SALIDA
CELDA FLASH	CONCENTRADO 1	CONCENTRADO 0 (CC FINAL 1)
		COLA 0
Celda de Flotación Ws1	OVER	CONCENTRADO 1
	CONCENTRADO 2	COLA 1
Celda de Flotación Ws2	COLA 1	CONCENTRADO 2
	CONCENTRADO 3	COLA 2
Celda de Flotación Ws3	COLA 2	CONCENTRADO 3
	CONCENTRADO 4	COLA 3
Celda de Flotación Denver(4 BANCOS)	COLA 3	CONCENTRADO 4
		COLA 4 (RELAVE FINAL 1)

	ENTRADA	SALIDA
Celda de Flotación Ws1	COLA 4	CONCENTRADO 5 (CC FINAL 2)
	CONCENTRADO 6	COLA 5
Celda de Flotación Ws2	COLA 5	CONCENTRADO 6
	CONCENTRADO 7	COLA 6
Celda de Flotación Ws3	COLA 6	CONCENTRADO 7
	CONCENTRADO 8	COLA 7
Celda de Flotación Denver (4 BANCOS)	COLA 7	CONCENTRADO 8
		COLA 8 (RELAVE FINAL 2)

- Muestreador metalúrgico: El Muestreador metalúrgico ayuda a optimizar la eficiencia y el rendimiento del proceso en una planta de procesamiento de minerales al permitir decisiones de control de procesos rápidas y óptimas basadas en muestras precisas y oportunas. Esto permite la recolección de muestras metalúrgicas representativas para mejorar las auditorías de procesos y la transparencia de la producción.
- Microsoft Excel: es una hoja de cálculo que cuenta con cálculo, gráficas, tablas calculares y un lenguaje de programación macro llamado Visual Basic para aplicaciones. Ha sido una hoja de cálculo muy aplicada para estas plataformas, especialmente desde la versión 5 en 1993, y ha reemplazado a Lotus 1-2-3 como el estándar de la industria para las hojas de cálculo.
- Microsoft Word: Es un procesador de textos, lo que quiere decir que es una aplicación que se usa para procesar, formatear, manipular, guardar, imprimir, compartir – un documento basado en texto.
- Catálogos de filtros prensa: Lista o relación ordenada con criterio de filtro prensa de libros, documentos, monedas, objetos en venta, etc., de una persona, empresa o institución, que generalmente contiene una breve descripción del objeto relacionado y ciertos datos de interés.

- Google académico: es un buscador que te permite localizar documentos académicos como artículos, tesis, libros y resúmenes de fuentes diversas como editoriales universitarias, asociaciones profesionales, repositorios de preprints, universidades y otras organizaciones académicas. Los resultados aparecen ordenados considerando el texto completo, el número de citas recibidas, el autor, la publicación fuente, etc.
- Cuaderno de apuntes: La utilización de este tipo de cuadernos o libretas es la de poder recoger sobre el terreno de datos, fuentes de información, referencias, expresiones, opiniones, hechos, croquis y cualquier tipo de información sobre el evento, (objeto de estudio).
- Gestores bibliográficos: Los gestores bibliográficos son herramientas que recogen las referencias bibliográficas de las bases de datos de investigación (catálogos de bibliotecas, índices, bases de datos de revistas científicas, etc.) y permiten organizar las citas y la bibliografía para tus proyectos.
- Repositorios de las universidades: Un repositorio digital es una herramienta virtual que tiene como objetivo almacenar y difundir, a través de sus sitios, las tesis de pregrado y postgrado de los alumnos y docentes de las diferentes universidades.

- Procedimiento de validez y confiabilidad

1) Sección chancado.





2) Sección molinda.





3) Sección flotación para la concentración de Pb-Ag y Zn.

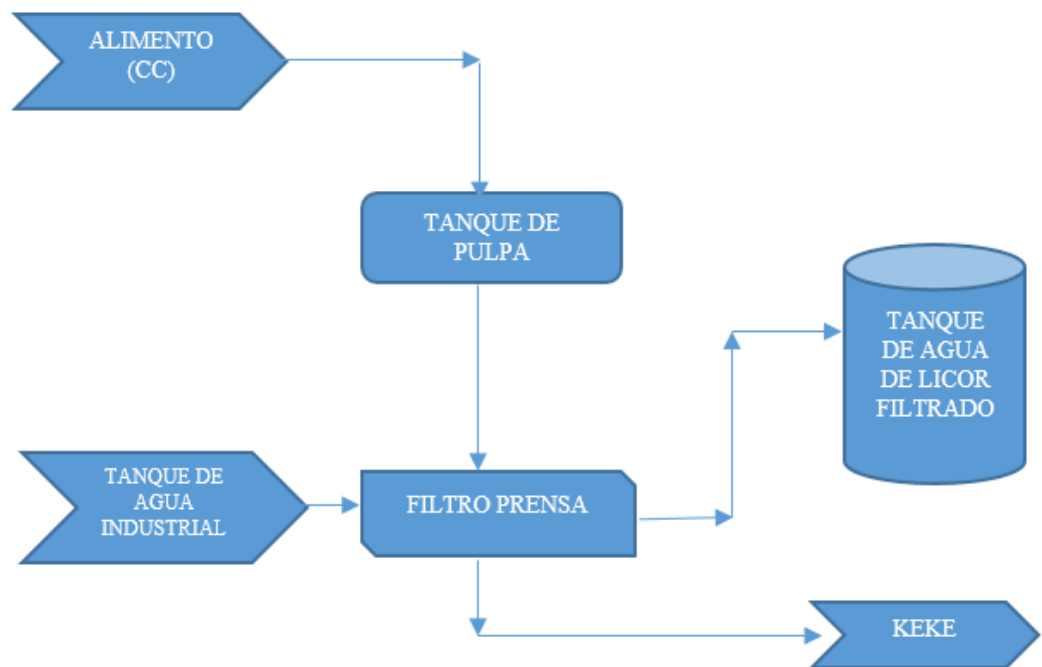




4) Área de descoche de concentrado.



5) Esquema de filtrado.



6) Características del concentrado producido por la empresa para el filtrado.

7) Alternativas de solución para la compra del filtro prensa

8) Propuesta de compra del equipo filtro prensa

