

Selección de filtro prensa y optimización de medios filtrantes para concentrados, relaves y lodos de neutralización

PRESS SELECTION AND OPTIMIZATION OF FILTER CLOTHES FOR CONCENTRATES, TAILINGS AND SLUDGE NEUTRALIZATION

Jorge Ventosilla*

RECIBIDO: 08/07/2014 – APROBADO: 28/11/2014

RESUMEN

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.

La performance de filtración de concentrados y relaves en plantas concentradoras así como lodos de neutralización en plantas de tratamiento de agua de mina, puede ser evaluada desde diferentes puntos de vista dependiendo del requerimiento de la operación, por ejemplo, se puede decir que un sistema de filtración tiene una performance aceptable si se obtiene una porcentaje de humedad deseado en el menor tiempo posible por ciclo, con la menor cantidad de sólidos en el líquido filtrado. Dentro de esto, es imprescindible evaluar la eficiencia de los medios filtrantes, placas, sistema hidráulico al final del ciclo de filtración.

De igual manera, la performance del medio filtrante muestra un patrón que está relacionado al número de ciclos, granulometría, densidad de pulpa, porcentaje de sólidos y en general con la calidad y estructura del medio filtrante. Es así que, la lona podría ser mecánicamente dañada por el medio abrasivo. Otra razón principal que incide en la performance de filtración es el denominado efecto Blinding. El presente trabajo discutirá éste fenómeno.

Palabras clave: Blinding, Medio Filtrante, Filtro Prensa, Permeabilidad, Performance de Filtración, CAPEX (Costo de Capital), OPEX (Costo de Operación).

ABSTRACT

The current paper has as target to study the selection's criteria and sizing of filter press, also, the variables and design's parameters that influence the proper performance of filtration applied to slurry concentrates, tailings and sludge neutralization. In summary, the importance of CAPEX and OPEX when deciding to use a particular filter press.

The filtering performance of concentrates and tailings in concentrator operations, also in neutralization in water treatment mine plants, can be evaluated from different points of view depending on the requirement of the operation, for example, you can say that a system filtration has acceptable performance if desired moisture percentage in the shortest possible cycle time, with the least amount of solids in the filtrate is obtained. Within this, it is essential to evaluate the efficiency of the filter clothes, plates, hydraulic system at the end of the filtration cycle.

Similarly, the performance of the filter media exhibits a pattern that is related to the number of cycles, sieve analysis, slurry density, percent solids, and generally the quality and structure of the media. Thus, the clothes can be mechanically damaged by the abrasive. Another main reason that affects the performance of filtration is called Blinding effect. This paper will discuss this phenomenon too.

Keywords: Blinding, Filter Clothes, Filter Press, Permeability, Filtration's Performance, CAPEX (Capital Cost), OPEX (Operation Cost).

* Escuela Académico Profesional de Ingeniería Metalúrgica, UNMSM Gerente General - JVS Ingenieros S.A.C.
E-mail: jventosilla@jvsingenieros.com

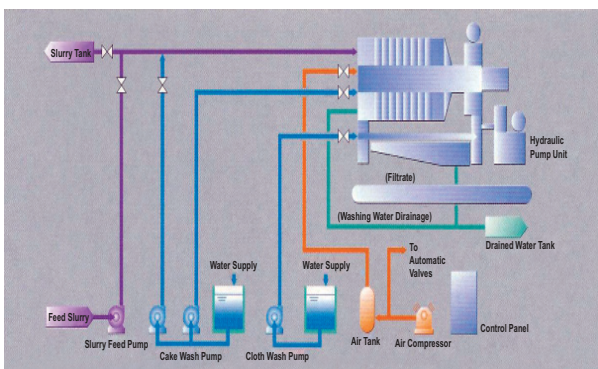
I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el proceso de filtrado tiene mucha influencia en el procesamiento de minerales en la etapa de separación sólido – líquido; por dos razones muy importante, la recuperación del agua para recirculación en el proceso y para la disposición de los relaves. Para el caso de recirculación; en todo proceso productivo en lo posible se debe incidir en la recuperación del agua del proceso para evitar el gasto de agua fresca. Para el caso de la disposición de relaves; disponer de relaves filtrados nos conlleva a ocupar menor área para la disposición; también es un avance del proceso de Cierre de Mina de la operación.

En tal sentido la revisión del proceso de filtrado es muy importante; esto incluye desde el momento de la selección del sistema apropiado (CAPEX), así como el estudio detallado de los parámetros de operación, muy importantes para el OPEX.

II. MARCO CONCEPTUAL

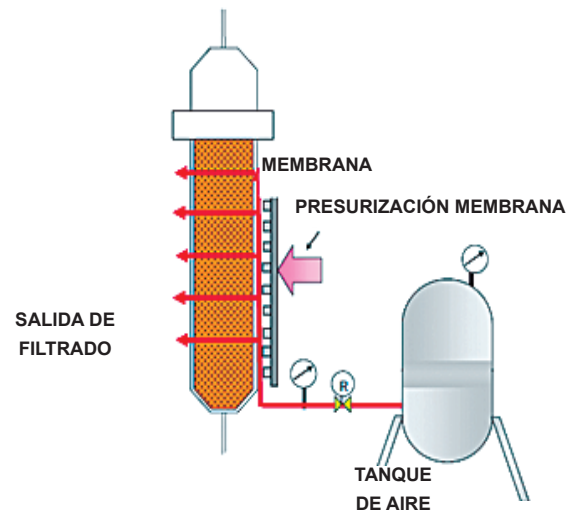
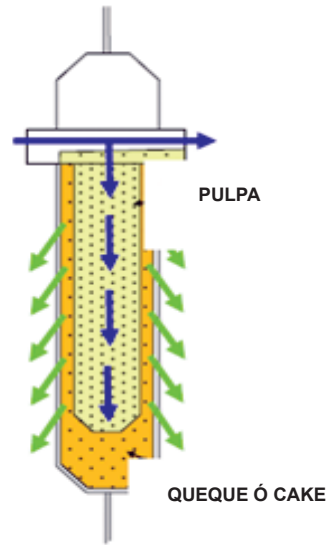
En la actualidad fundamentalmente hay tres tipos de sistemas de filtrado; vacío, presión y centrífugos. En el presente trabajo nos dedicaremos a los sistemas compuestos por filtros prensa. El Filtro Prensa es parte de un sistema de filtrado por presión, en la actualidad por su operatividad y grado de automatización que es posible tener, es uno de los filtros más importantes para el tratamiento de las pulpas de los concentrados y relaves de las plantas concentradoras de concentración de minerales; así como, para el proceso de clarificación y lodos del proceso de Merrill Crowe en la recuperación del oro, también para el filtrado en el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Estos filtros consisten en un frame principal, serie de placas y marcos alternados con una tela filtrante. En gráfico abajo detallado se puede apreciar el diagrama de flujo.



Fuente. Ishigaki LASTA MC

2.1. Filtro prensa de placas verticales

En los filtros a presión de placas en posición horizontal (ya que también se tiene en el mercado filtros prensa tipo placas tipo vertical-tipo torre-) se utiliza el método de compresión o una combinación de compresión e inyección de aire.



2.2. Mecanismo de filtración

- Filtración de Alimentación (Feed Filtration): La alimentación de pulpa está localizada en el tope de las placas, y el licor o filtrado sale a través de las tres líneas inferiores.
- Filtración Membrana (Membrane Squeeze): Presurización de sistema membrana.
- Soplado de Línea de Alimentación (Core Blow)
- Soplado de Cake (Cake Blow): Esta opción sólo se realiza según sea necesario.

El Anexo 1 muestra la curva de productividad simulada en base a propiedades de pulpa, caída de presión y coeficientes de filtración.

2.3. IMPORTANCIA DEL MEDIO FILTRANTE

El medio filtrante es responsable de la rápida y efectiva formación del queque o torta además de tener una significativa contribución en la performance de filtración.

También, el medio filtrante tiene influencia en el flujo del líquido filtrado, la resistencia inicial del filtro y la turbidez del filtrado en cada ciclo de filtración, así como también influye en la descarga del queque. El presente trabajo está enfocado en la evaluación de criterios para la selección óptima de medios filtrantes. Una pregunta básica realizada en planta es: ¿Cuál es el tiempo de vida promedio de las lonas? El tiempo de vida útil de un medio filtrante se puede optimizar al reducir los problemas que experimenta el filtro prensa. Al momento de decidir el uso apropiado de un medio filtrante, es de suma importancia saber la procedencia y el proceso de fabricación y recurrir a proveedores que garanticen la performance de operación; la cual debe estar basada en la experiencia operativa.

Para filtración a presión constante, la ecuación (1) se puede escribir:

$$(K_1V+K_2) dV= dt \quad (2)$$

Dónde:

$$K1 = \frac{\alpha\mu\bar{v}}{A^2(\Delta P)} \text{ y } K2 = \frac{\mu R}{A(\Delta P)}$$

¿Qué problema está experimentando el filtro?	¿Qué mejoras le gustaría tener?	¿Se tienen problemas con lonas y placas rotas?
<ul style="list-style-type: none"> • Bliding • Elevado% de Humedad en la torta • Fallas o ruptura de lonas • Adherencia de queque al medio filtrante • Acumulación de sólidos en <i>Feed Hole</i> y <i>Filtrate Holes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos bliding • Queque más seco • Mayor tiempo de vida de lonas • Mayor deslizamiento de queque • Goteo excesivo de filtrado durante la alimentación de pulpa 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia de presión • Acumulación de carga en ductos de alimentación y líquido filtrado • Se filtran pulpas abrasivas o reactivas

2.4. Performance de Filtración

La ecuación básica de filtración se expresa como:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2\Delta P}{\mu\alpha V\bar{v} + A\mu R} \quad (1)$$

Donde:

V: Volumen del filtrado colectado, m³

t: Tiempo, s

A: Área de filtración, m²

ΔP: Caída de presión, Pa

μ: Viscosidad del filtrado

α: Resistencia específica del queque, m⁻²

R: Resistencia del medio filtrante, m⁻¹

\bar{v} : Volumen de queque por unidad de volumen filtrado

Integrando la ecuación (2) obtenemos:

$$\frac{t - t_i}{V - V_i} = \frac{K1}{2}(V + V_i) + K2 \quad (3)$$

Donde t_i y V_i son los tiempos iniciales de la filtración a presión constante y el volumen correspondiente. Al graficar (t-t_i)/(V-V_i) vs. (V+V_i), una correlación lineal puede ser obtenida. K1 y K2 pueden ser calculados como pendientes e intercepto en el eje "y"

2.5. Resistencia de queque

La velocidad de filtración es directamente proporcional a la caída de presión e inversamente proporcional a la viscosidad del filtrado y espesor del queque

$$v = \frac{1}{A} \left(\frac{dV}{dt} \right) = B \frac{\Delta P_i}{\mu \times l} \quad (4)$$

Donde:

v : Velocidad de filtración, m/s

B : Coeficiente de permeabilidad del queque, m²

ΔP_i : Caída de presión a través del queque, Pa

μ : Viscosidad del filtrado, Pa.s

l : Espesor del queque, m

La caída de presión a través de queque puede ser expresada:

$$\Delta P_i = \frac{\eta}{A} \frac{l}{B} \left(\frac{dV}{t} \right) \quad (5)$$

De esta manera, la resistencia del queque (l/B), [m⁻¹]; la resistencia específica del queque (α , [m/kg]) y la cantidad de partículas sólidas en la pulpa, c , [kg/m³]

$$\frac{l}{B} = \alpha \times c \frac{V}{A} \quad (6)$$

De acuerdo a lo mencionado, la resistencia del queque puede ser expresada como:

$$\Delta P_i = \frac{\eta}{A} \left(\alpha \times c \frac{V}{A} \right) \left(\frac{dV}{t} \right) \quad (7)$$

Donde:

α : Resistencia específica del queque [m/kg]

c : Partículas sólidas en la pulpa, [kg/m³]

2.6. Resistencia de medio filtrante

La resistencia del medio filtrante puede ser expresada como:

$$\Delta P_m = \frac{\eta}{A} R_m \left(\frac{dV}{t} \right) \quad (8)$$

2.7. Permeabilidad del medio filtrante

La permeabilidad es una propiedad del medio filtrante que determina la cantidad de aire en volumen que puede pasar a través de un área determinada del medio filtrante en un tiempo "t"

Para medios filtrantes tejidos, la permeabilidad se calcula en términos de [L/dm² min] mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\overline{q_V}}{A}$$

$\overline{q_V}$: Promedio aritmético de flujo de aire, dm³/minuto (o litros / min),

A : Área del medio filtrante sujeto a medición de permeabilidad, dm².

III. EXPERIMENTACIÓN

La experimentación; se basa fundamentalmente en la evaluación de los parámetros de operación principales; % de sólidos por peso de la pulpa, granulometría de los sólidos a ser filtrados, tiempos de soplado, variación de presión, % de humedad del producto; así como diferentes tipos de medios filtrantes, en cuanto a calidad y disposición de los hilos de fabricación. Se pone un modelo de cuadro a evaluar Tabla N.º 1.

Tabla N.º 1. Condiciones operación.

Filtration Test	Operation Conditions						
	Filtration time min	Pulp Density (g/L)	Final Pressure PSI	Core Blow (s)	Cake Blow (s)	Membrane Squeeze (psi)	Membrane Squeeze (s)
1	8.5	1450	95	40	30		
2	10.5	1450	120	50	30		
3	9.2	1450	100	60	40		
4	12	1200	100	45	45	100	45
5	13	1200	110	50	50	100	55
6	14	1200	120	60	60	100	65
7	15	1200	130	50	70	100	80
8	16	1200	150	60	70	100	90

3.1. Evaluación de performance de filtración

3.1.1. Pruebas: Tipo de medio filtrante

Este set de pruebas se realizó para evaluar la performance de filtración de tres (03) tipos diferentes de lonas. Ver Tabla N.º 2.

Tabla N.º 2. Propiedades y características de medios filtrantes.

	Estilo 1424			Estilo 889			Estilo 122		
Símbolo	Detalle	Cantidad	Unidad	Detalle	Cantidad	Unidad	Detalle	Cantidad	Unidad
M	Material	Polipropileno		Material	Polipropileno		Material	Polipropileno	
ρ	Gravedad Específica	0.91	g/cm3	Gravedad Específica	0.91	g/cm3	Gravedad Específica	0.91	g/cm3
Warp	Mono	88.58		Mono	279		Felt		
Weft	Mono	20.47		Multi	73		Felt		
Wave									
Finished	Calandrado			Calandrado			Glazed 2 Sides		
Peso	Peso	559.52	g/m2	Peso	542	g/m2	Peso	813	g/m2
Φ ó R	Permeabilidad	17.60	L/dm2 min	Permeabilidad	17.60	L/dm2 min	Permeabilidad	13.00	L/dm2 min
Tmax	Temperatura máxima	82.22	°C	Temperatura máxima	82.22	°C	Temperatura máxima	82.22	°C

Fuente. Micronics, Inc.

3.1.2. Condiciones de filtración

Evaluación de filtrado; tiempo de filtrado, % de Sólidos por peso, presión de alimentación, presión de filtrado. Ver Tabla N.º 3.

Tabla N.º 3. Parámetros de filtración.

Estilo de lona	Condiciones de Operación					
	Tiempo de Filtración (Feed) min	Densidad de Pulpa (g/L)	Presión de Alimentación Prom. PSI	Core Blow (seg.)	Membrane Squeeze (psi)	Membrane Squeeze (min)
1424	21	1140	166.42	60	300	5
889	21	1140	156.94	60	300	5
122	21	1130	162.25	60	300	5

3.1.3. Perfiles de filtración

Evaluación del espesor del Keke (producto obtenido del filtrado). El % de Sólidos del producto, el peso del producto y el pH. Ver Tabla N.º 4.

Tabla N.º 4. Resultados obtenidos.

Test de Filtración	Espesor de queque Mm	Queque Kg	% Humedad	Filtrado Litros	pH Pulpa
1424	28	4.55	43.52	13,51	7.5
899	28	4.65	33.32	13,78	7.0
122	29	5.50	32.56(*)	15.11	7.5

(*) % de humedad calculado

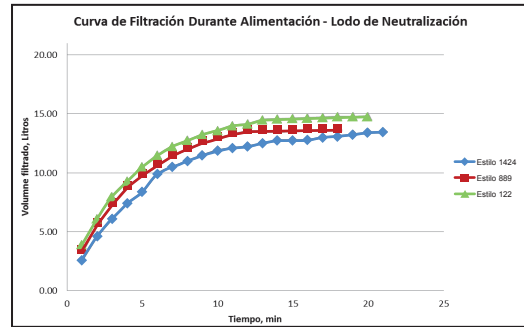
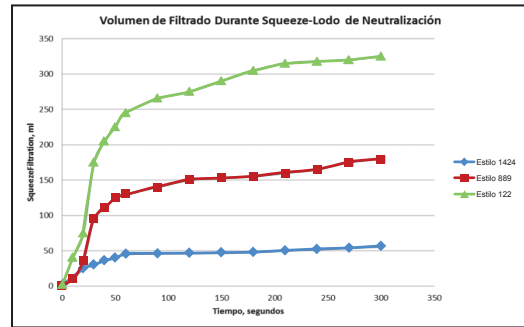


Figura N.º 1. Curvas de filtración durante la alimentación y squeeze-lodos de neutralización.

Las curvas detalladas líneas arriba nos muestran el comportamiento de diferentes tipos de medios filtrantes; tiempo de filtrado vs el volumen de líquido obtenido. Figura N.º 1.

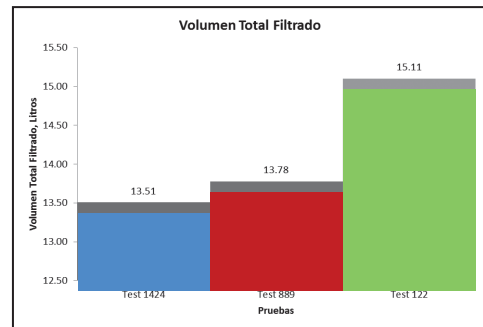


Figura N.º 2. Volumen total filtrado-lodos de neutralización.

3.1.4. Material

El polipropileno es el material comúnmente seleccionado para manufacturar medios filtrantes por su alta resistencia a la abrasión, altas temperaturas y por su bajo costo en comparación con el poliéster y nylon. Figura N.º 2.

3.1.4.1. Tipo de fibra

El siguiente cuadro resume nuestra experiencia diferentes plantas concentradoras del Perú. Figura N.º 3.

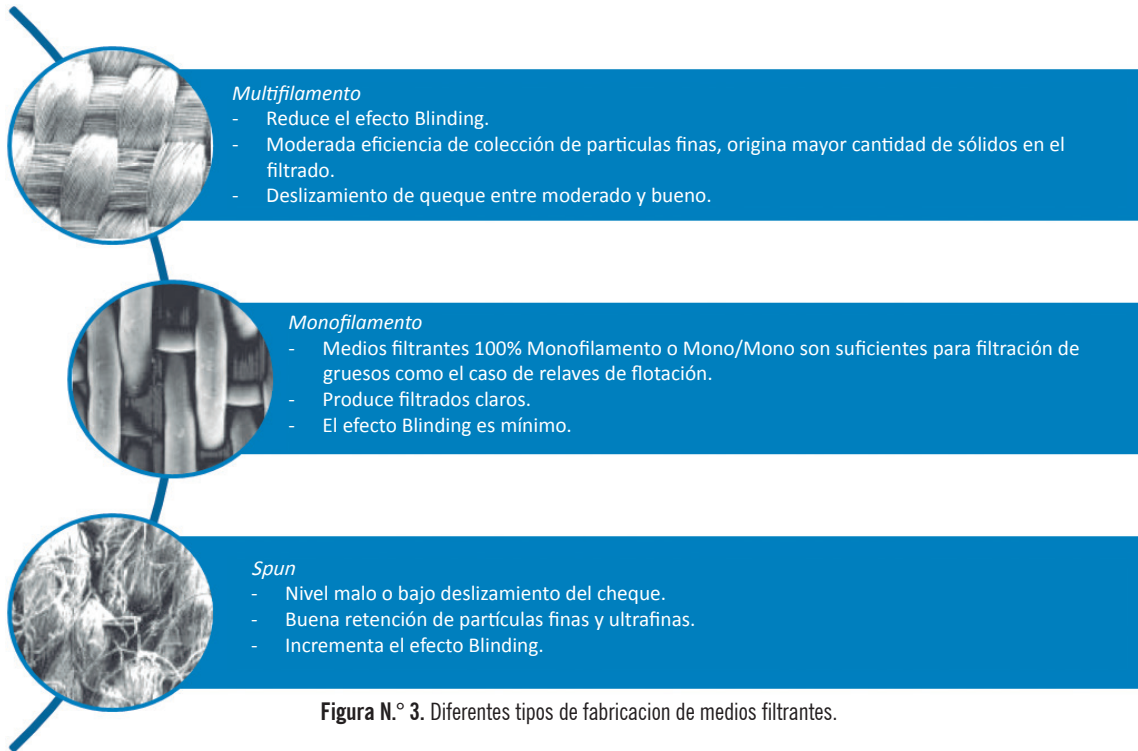


Figura N.º 3. Diferentes tipos de fabricación de medios filtrantes.

En general, la combinación de fibras Monofilamento/ Multifilamento es una práctica común en la actualidad para una mejora en cuanto a reducción de efecto Blinding y Deslizamiento de queque.

3.1.4.2. Wave o Tejido

De los muchos tipos de tejidos disponibles, sólo cuatro son los más utilizados como medio filtrante: lisos, sarga, tejido de cadena y satén, a continuación se observa en la Figura N.º 4.



Figura N.º 4. Tipos de trama en la fabricación de medios filtrantes.

3.1.4.3. Comparación de performance por tipos de tejido

Para la evaluación; se debe considerar los distintos tipos de fabricación de medios filtrantes en cuanto al tipo de tejidos; ya que esto influye en la obtención de productos adecuados técnicamente y que representan el mejor costo operativo para la operación.

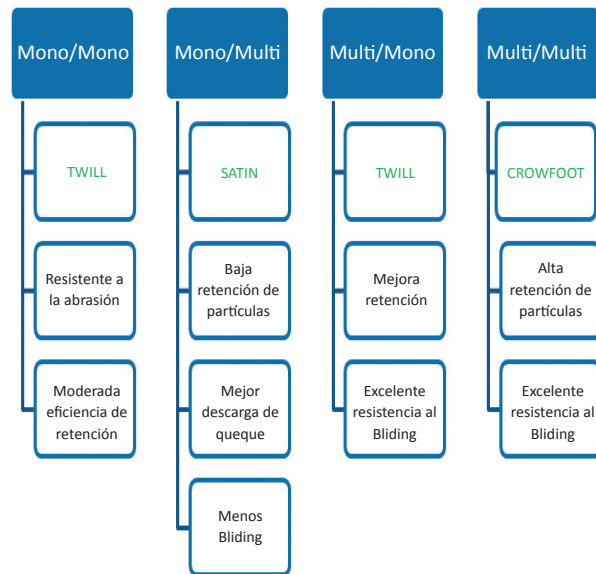


Figura N.º 5. Algunas características importantes para seleccionar los medios filtrantes, considerando las características físicas del sólido a ser filtrado.

3.1.4.5. Blinding o colmatación de medio filtrante

Es comúnmente observado en la filtración sólido/liquido que un medio filtrante usado opera diferente que un medio filtrante nuevo. Después de un cierto tiempo en operación, toda performance o rendimiento del medio filtrante declina, y tarde o temprano tiene que ser lavado y eventualmente remplazada. Hay muchas causas posibles para este comportamiento, el mayor problema es el bloqueo mecánico de los poros por las partículas atrapadas. Esta ocurrencia es comúnmente referida como Blinding y es un efecto colateral indeseable en filtración.

Estas partículas son difíciles de remover y tienen un efecto negativo sobre la performance del filtro. El bloqueo ocurre paralelamente a la formación del queque en cada ciclo de filtración. Figura N.º 5.

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Simulación del efecto BLINDING

El trabajo de simulación realizado por JVS Ingenieros, muestra el efecto Blinding durante 10 ciclos de filtración, el código de programación en Matlab® 2013 se aprecia en el Anexo.

Para efectos de simulación, se linealizaron las ecuaciones (3), (7) y (8) con respecto al tiempo.

Al plotear el efecto Blinding expresada como: Volumen de partícula por unidad de área [m³/m²] en función del número de ciclos de filtración, es posible observar el incremento del bloqueo o volumen de partículas al final de cada ciclo de filtración.

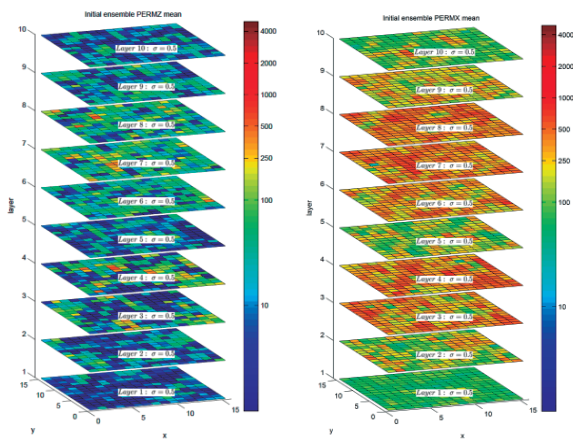


Figura N.º 6. Efecto blinding, espesor del medio filtrante 0.5 mm.

Mediante este programa se hace posible cuantificar el bloqueo o Blinding al final de cada ciclo de filtración.

Esto refleja la importancia de un buen sistema de lavado de lonas, esto implica el óptimo diseño de un sistema de

aspersores adecuado y la concentración correcta de una solución de lavado. Figura N.º 6.

4.2. Consideraciones para selección del sistema de lavado:

Bajo deslizamiento del Queque o Low Cake Release. Uno de los principales problemas en el bajo ratio de deslizamiento de queque, es el inadecuado lavado de lonas, el cual genera la cadena de problemas que se esquematiza a continuación en la Figura N.º 7.

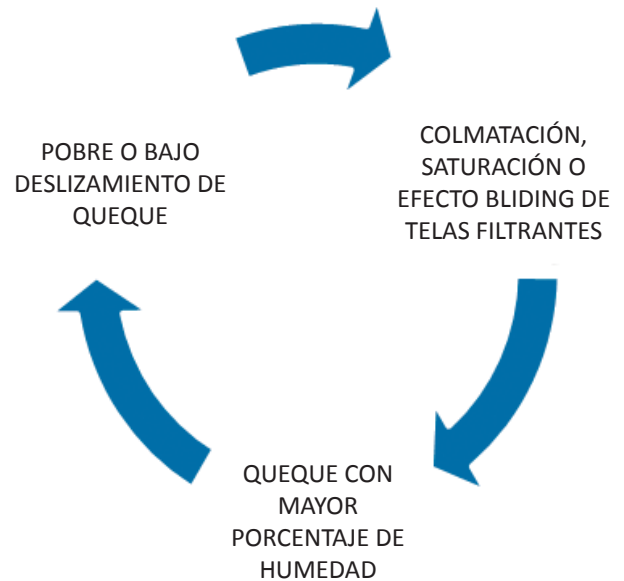


Figura N.º 7. Ciclo de consideraciones a tomar en cuenta al evaluar.

De tal modo que es de vital importancia seleccionar un sistema de lavado óptimo, en filtros prensa de placa rígida-membrana, se distinguen los siguientes tipos de sistema de lavado.

- **Sistema de lavado lateral.** Se hace uso de boquillas o aspersores laterales, superiores y/o inferiores.
- **Sistema de lavado periférico.** Totalmente automático, el cual cubre y lava toda el área del medio filtrante, la presión de agua de lavado excede los 100 bar.

4.3. Consideraciones para el cambio de lonas:

En operación se requiera mayor disponibilidad operacional, existen distintos diseños que permiten mejoras en la disponibilidad, se presentan cuatro tipos de cambio de lonas en la Tabla N.º 5:

Tabla N.º 5. Sistema de cambios de medios filtrantes.

Tipos de sistema de cambio de lonas	Incremento de disponibilidad operacional
Feed Hole-Screw fastened	80%-85%
Cloth Locking Ring	85%-90%
Feed Hole-Recessed/Membrane	90%-95%
Fast Over-Plate	98%

Fuente. Micronics, Inc.


4.4. Cuellos de alimentación

Esta comprobado que el diseño adecuado de los Feed Necks mejora la eficiencia de filtración

- La importancia en la selección del medio filtrante, en el proceso de fabricación de las mismas.


VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- If you would like more in Wakeman RJ, Tarleton ES, Filtration Equipment Selection, Modelling and Process Simulation, Elsevier Advanced Technology, 1999
- Coulson JM and Richardson JF, Chemical Engineering Vol. 2, New York: Pergamon Press, 1990.
- Purchas DB, Industrial Filtration of Liquids, Leonard Hill, 1971.




High Performance Rubber (HPR)

- Diseño patentado, se usa goma termoplástica y una temperatura de sellado controlada para pegar el cuello al medio filtrante de polipropileno. Esta 100% impermeable garantiza que la filtración solo tomará lugar dentro de la cámara de filtración.
- Se incrementa la eficiencia del filtro prensa al eliminar las infiltraciones al Feed Core o Línea de alimentación.
- No se requiere de limpieza adicional de Feed Core.
- Reduce el potencial por diferencia de presión, causa queques delgados y daños en los platos.



Plastick Neck (SK)

- Éste cuello permite el sellado a cualquier tipo de medio los beneficios de performance son los mismos que HPR, pero también permite alta impermeabilidad al sellarse a otros medios filtrantes como nylon y poliéster.
- Se mejora la eficiencia del soplado de línea de alimentación o Core Blow.
- Gran resistencia a la abrasión.
- Ahorro en el tiempo de mantenimiento.



Rubber Coated Neck

- Goma sintética resistente a la abrasión y químicamente estable.

Figura N.º 8. Tipos de alimentación a filtros prensa.

V. CONCLUSIONES

- Se ha mostrado los criterios para la selección de filtro prensa de placas verticales así como la selección óptima de medios filtrantes para concentrados, relaves y lodos, también mostrar el efecto Blinding mediante un trabajo de simulación.
- El estudio nos demuestra, la importancia que se debe dar al momento de seleccionar el sistema de filtrado.
- La influencia que tiene la granulometría en la selección de los medios filtrantes.
- La importancia del % de sólidos por peso para la obtención del porcentaje de humedad en el producto.
- La importancia del análisis del CAPEX y el OPEX, para decidir por un sistema de filtrado en una operación minero metalúrgica.
- Perry RH, 1982. Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill.
- McCabe, Smith and Harriott, 1986. Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill.
- Ojeda José, Fernández Juan, 2013. Reporte de Pruebas de Filtración de Lodos en Planta Concentradora Coricancha-Nyrstar Perú Mines, JVS Ingenieros S.A.C.
- Epps H.H. and Leonas K.K., 1997. The relationship between porosity and air permeability of woven textile fabrics, Journal of testing and evaluation, JTEVA, Vol. 25, No.1, 108-113, January.
- Parnas, R.S., Howard, J.G., Luce, 1995. T.L., Advani, S.G. "Permeability Characterization. Part 1: A Proposed Standard Reference Fabric for Permeability", Polymer Composites 16(6).