

# **EL NUEVO DEPURADOR DE FRICCIÓN DE LIGHTNIN DEMUESTRA BENEFICIOS EN POTENCIALES RENDIMIENTOS EN EL PROCESAMIENTO DE COBRE**

## **Marcos Filgueiras,**

Gerente General SPX Flow Technology - Sudamérica – Mezcladores LIGHTNIN  
135 Mt. Read Blvd, Rochester NY 14611 USA, Teléfono: +1 (585) 527-1656

## **Roddy Espinoza M.**

Gerente de Ventas de SPX Flow Technology Chile  
Av. Ricardo Lyon 222, Ofic. 503, Providencia, Santiago, Chile Fono: +56.2.896.9320

## **RESUMEN**

A menudo, los minerales vienen cubiertos de minerales no deseados tales como los silicatos o materiales oxidados después de haber sido expuestos al aire. Estos minerales contaminantes pueden generar costos significativos ya que evitan o hacen más difícil la recuperación de los minerales deseados. Estos contaminantes pueden formar una capa que cubre la superficie del mineral deseado y puede ser necesaria una gran cantidad de energía para fundir minerales pesados. El uso de los depuradores de fricción promueve la limpieza de la superficie del mineral mejorando la recuperación de tales minerales en forma considerable. Pruebas en Chile con depuradores de fricción en laboratorio han entregado prometedores resultados en la pre-flotación del concentrado de cobre y en la preparación del concentrado. Al utilizar los depuradores de fricción, los niveles de recuperación han aumentado entre 2,5% y 7%, lo que puede llegar a ser una producción aumentada y significativa y una opción económicamente viable para la modernización y reconversión. A fin de diseñar su nuevo equipo, LIGHTNIN analizó cuidadosamente los patrones de flujo dentro de los depuradores de fricción. Usando modelos computacionales y pruebas de laboratorio, LIGHTNIN optimizó los patrones de flujo para obtener una máxima velocidad de corte, para minimizar el corto circuito residual y el desgaste interno. El tiempo de retención y la densidad de potencia (kW/m<sup>3</sup>) fueron algunas de las variables usadas para la calibración metalúrgica y la selección. Cuando diseña sus propios sistemas de depuradores de fricción, LIGHTNIN se concentra en la necesidad de generar un flujo constante a través de las celdas para controlar la distribución del tiempo de retención y para permitir condiciones de operación estables. Como resultado, LIGHTNIN ha obtenido un diseño compacto y altamente eficiente, con una fuerte confiabilidad mecánica y excelentes resultados de proceso, con características que mejoran la recuperación del mineral como se ha verificado en muchas instalaciones a lo largo del mundo.

## **ABSTRACT**

Often, the minerals come covered with undesired minerals such as silicates or material oxidized after being exposed to the air. These contaminant minerals can generate significant costs since they can prevent or make it more difficult to recover the desired minerals. These contaminants can form a covering layer on the surface of the desired mineral and may require a greater amount of energy to smelt heavy minerals. The use of attrition scrubbers promotes mineral surface cleaning improving the recovery of such minerals considerably. Tests in Chile with laboratory attrition scrubbers have provided

promising results in the copper concentrate pre-flotation and concentrate preparation. Utilizing the attrition scrubbers the recovery levels have increased between 2.5% and 7%, which can become a significant and increase production and a viable economic option for plant retrofits and upgrades. In order to design its new equipment, LIGHTNIN carefully analyzed the flow patterns within the attrition scrubbers. Using computer modeling and lab testing LIGHTNIN optimized the flow patterns to obtain maximum shear rate, to minimize residual short-circuiting and internal wear. The retention time and the power density (kW/m<sup>3</sup>) were some of the variables used for the metallurgical sizing and the selection. When designing its own attrition scrubbers systems, LIGHTNIN concentrated in the need to generate a constant flow through the cells to control the retention time distribution and to allow stable operating conditions. As a result LIGHTNIN obtained a compact and highly efficient design, with strong mechanical reliability and excellent process results, with characteristics that enhance mineral recovery as verified in many installations worldwide.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la depuración por fricción como un acondicionador pre-flotación tiene muchas aplicaciones consagradas. Los procesos de beneficio del platino y el carbón han usado depuradores por fricción como una manera de aumentar la recuperación en las celdas de flotación.

A menudo los minerales están recubiertos por capas no deseadas, tales como silicatos, o la superficie se oxida durante la exposición al aire.

Estos contaminantes pueden causar costos mayores en los procesos posteriores, por ejemplo, el aumento de energía requerida para fundir Minerales Pesados (Zirconio y Rutilo), que tienen más de 0,8% de contenido de Silicio. Otro problema con estas capas es que evitan la recuperación de los minerales. Un ejemplo de esto es parte de la dificultad de flotar de los carbones finos. Debido a la superficie oxidada, los químicos añadidos para hacer el carbón hidrofóbico no cubren el mineral, haciendo que no flote.

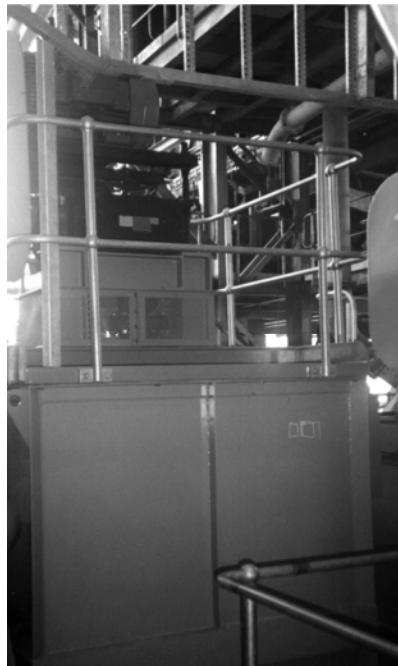


Figura 1: Instalación en Anglo Platinum, Sudáfrica

Otro efecto potencial de la depuración por fricción es el efecto de molienda. En la medida en que las partículas son impactadas a través de los gradientes de velocidad diferencial creados por los impulsores, el material más blando es desgastado más rápido que los componentes más competentes. Esto lleva a que, como en el caso de la Arcilla Caolín, donde el Caolín es desgastado separándose de la arena de sílice, se aumente la recuperación. Se descubrieron mejoras similares en la recuperación utilizando el depurador por fricción como acondicionador pre-flotación para circuitos de flotación de concentrados de cobre.

La fabricación de vidrio de alta calidad necesita de Sílice sin impurezas. Sin embargo, el sílice a menudo está contaminado y recubierto de materias extrañas, tales como calcio que ha sido disuelto a lo largo de los siglos y ha percolado a través de los Silicatos que actúan como un filtro. Esto recubre la arena, haciéndola no adecuada

para la fabricación de vidrio. La manera más eficiente de retirar este recubrimiento sin un rompimiento inaceptable de las partículas es mediante los Depuradores por fricción.

El uso de los Depuradores por Fricción por el mayor productor de Platino del mundo, Anglo Platinum, ha aumentado la recuperación entre un 4 y un 7 por ciento y los resultados son un aumento significativo en la ganancia de estas operaciones.

## CONSIDERACIONES DEL PROCESO

El tiempo de retención y la intensidad de la potencia (kW/m<sup>3</sup>) son la base de la calibración metalúrgica y la selección. La industria de platino tiene un tiempo de retención de 30 minutos y 10 kW/m<sup>3</sup> como regla práctica. Para las Arenas Minerales el tiempo de residencia es típicamente de 8 a 12 minutos, y el porcentaje de sólidos es de 80%. Las Arenas Minerales, el Titanio, Zirconio y Rutilo pueden requerir de intensidades de potencia de hasta 35 kW/m<sup>3</sup>. Aplicando potencia en la manera más eficiente, el patentado depurador por fricción de LIGHTNIN ha mejorado dramáticamente los resultados del proceso.

Es obvio que mientras más partículas haya por volumen de unidad, más posibilidades habrá para que las partículas colisionen. Esto hace que el control de la densidad de la lechada sea crítica para un fricción óptima. La desventaja de ésto, en el diseño de los depuradores, es el aumento en la viscosidad que causa la rápida desaceleración de las partículas a través de la distancia que reduce la energía de colisión entre partículas. Si los mecanismos de aceleración (impulsores) están demasiado separados, la energía se pierde mayormente en la aceleración de las partículas, que pierden velocidad y por tanto reducen la velocidad del impacto.

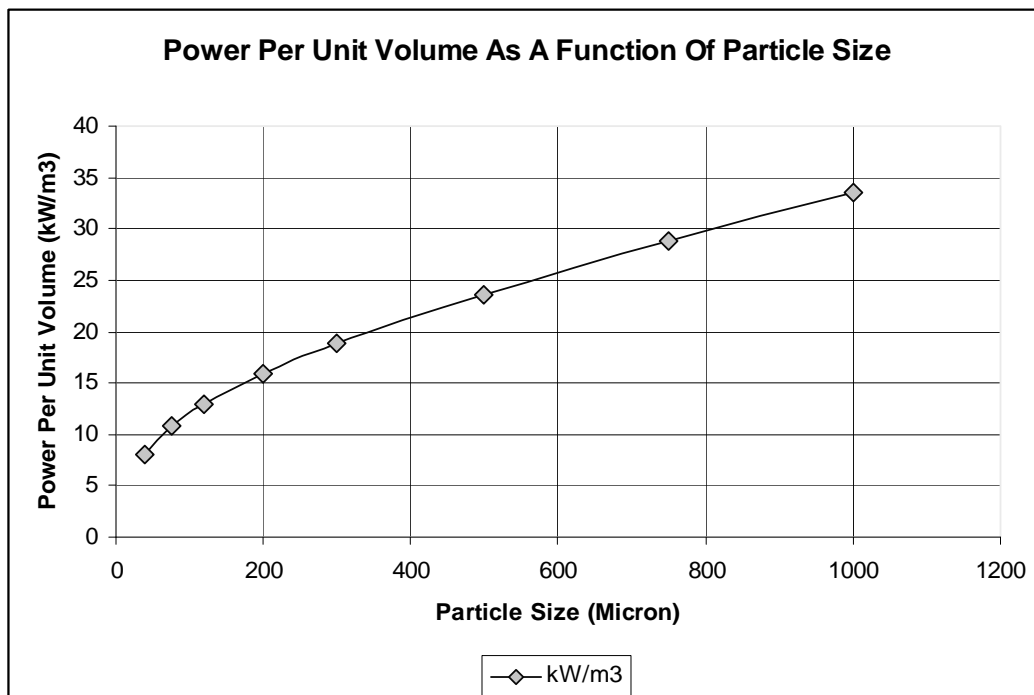


Figura 2: Potencia Típica por Volumen de Unidad como una Función del Tamaño de las Partículas.

La Figura 2 ilustra la potencia promedio aplicada por volumen de unidad de un depurador por fricción a lo largo de un espectro de tamaños de partículas. La gradiente y la posición vertical de la curva cambian con los cambios en la concentración de los sólidos, el tiempo de retención y el mineral específico en cuestión.

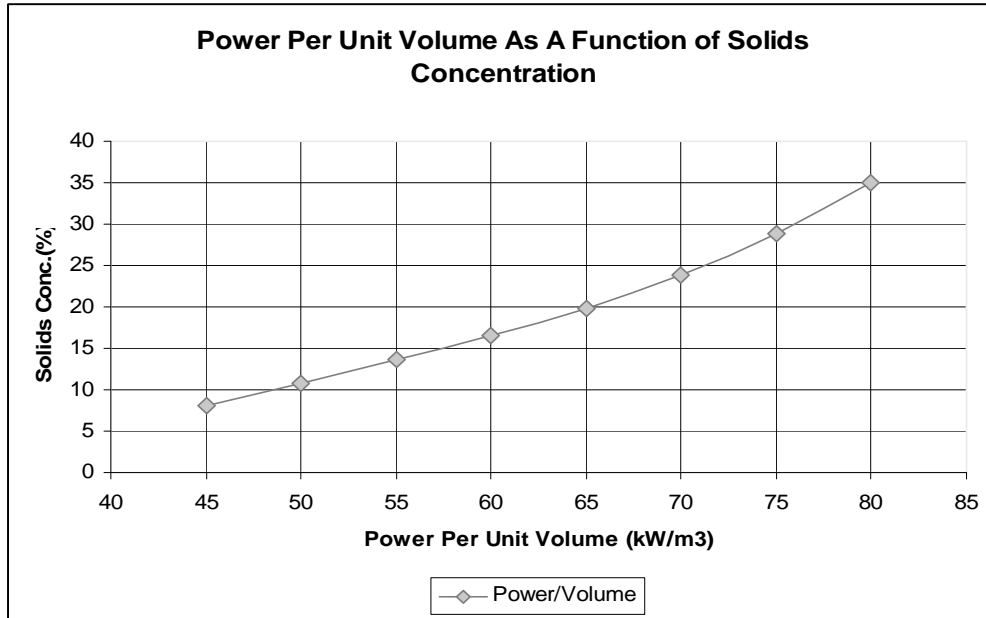


Figura 3: Potencia Aplicada como una Función de la Concentración de Sólidos

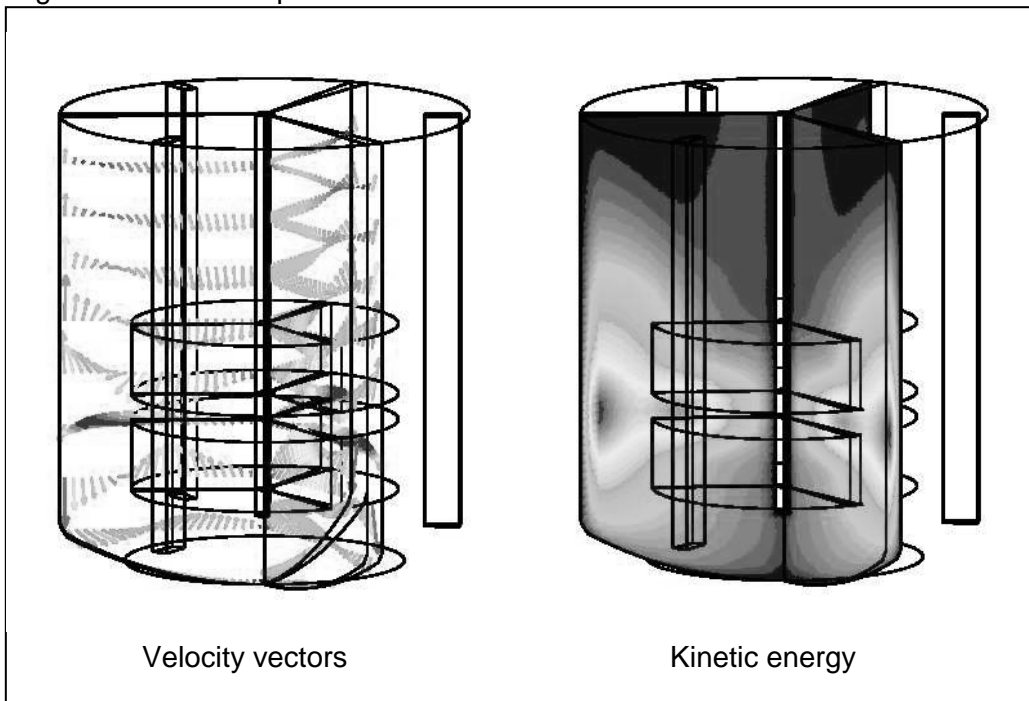


Figura 4: Los vectores de velocidad y la energía cinética de los impulsores A320/A340 LIGHTNIN

## CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Varios proveedores de equipos han fabricado depuradores por fricción para la industria del vidrio desde 1950; sin embargo, cuando estos diseños fueron aplicados a la

industria de los minerales se vieron expuestas las carencias del diseño. LIGHTNIN analizó el diseño y usando la experiencia ganada en más de 80 años de experiencias en mezclado, hizo cambios al diseño, incluyendo:

- No hay vórtices
- Hay un mínimo de giro de la lechada dentro de la cámara de fricción debido a la incorporación de deflectores adecuados.
- Tiempo de residencia controlado.
- Desgaste reducido dentro de la celda.
- Entrada controlada de la energía.

La celda posee tres impulsores en un solo eje con dos de los impulsores ubicados en la cámara de fricción.

Los dos impulsores de fricción están colocados de manera óptima para entregar las máximas gradientes de velocidad y corte.

La cámara de fricción tiene tuberías de aire y rocío instaladas en su base para ayudar con el reinicio bajo carga. Debido a la naturaleza rápida de sedimentación del material, se ha equipado con válvulas automáticas de drenaje para asegurar que, en el caso de una falla de energía, los sólidos puedan ser retirados de las unidades, permitiendo un fácil reinicio.

A fin de asegurar el tiempo de retención controlado, la cámara de fricción está completamente cerrada y amortiguada. La pulpa frotada es retirada de la cámara de fricción de manera controlada, a una velocidad pre-determinada, dependiendo del tiempo de residencia, las características del material y los requerimientos principales.

El diseño permite el retiro del conjunto completo de rotación, haciendo la mantención simple y asegurando que todos los parámetros puedan ser pre-seteados antes de la instalación y / o re-armado.

El flujo, y por lo tanto el tiempo de residencia, pueden ser variados ajustando el impulsor bombeador.

## **DESCRIPCIÓN DEL DEPURADOR POR FRICCIÓN LIGHTNIN**

### ***Impulsores de fricción LIGHTNIN***

Como se mencionó previamente, la cámara de fricción es un compartimiento completamente cerrado y amortiguado, que tiene dentro una configuración única de impulsor de flujo dual axial.

La sección de fricción del depurador está diseñada específicamente para una operación a alta velocidad en pulpa viscosa. El depurador por fricción LIGHTNIN usa un impulsor inferior de bombeo hacia arriba de fricción de flujo axial LIGHTNIN, denominado A340, en combinación con un impulsor superior de bombeo hacia abajo LIGHTNIN, denominado A320. Individualmente, los impulsores de fricción LIGHTNIN entregan un muy alto flujo y un bajo corte. Cuando son combinados en una disposición de bombeo hacia arriba / bombeo hacia abajo, los impulsores bombean la lechada uno contra el otro a una tasa de flujo muy alta generando una zona de impacto de las dos corrientes donde la gradiente de corte alcanza su valor máximo. Esta zona es donde la

mayor parte de la fricción tiene lugar. Después que estas dos corrientes se encuentran, el flujo combinado se parece al flujo de una turbina radial. El patrón de flujo se describe en la figura 5.

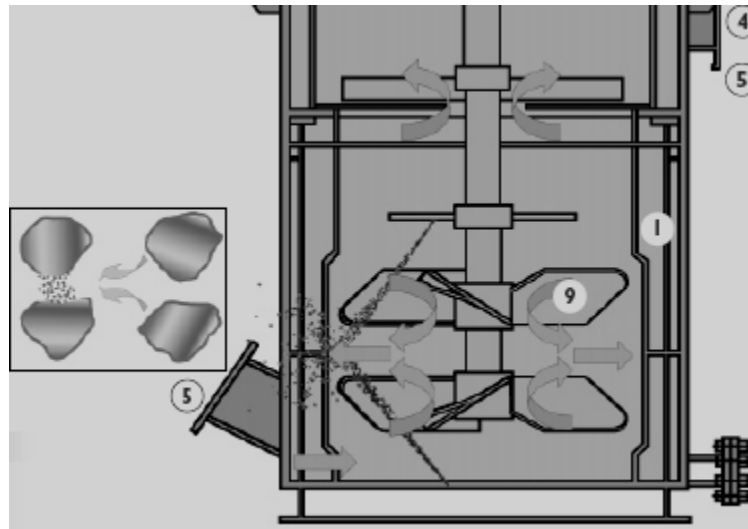


Figura 5: Zona de Fricción

Las características de alto flujo de la combinación de impulsores A320/A340 asegura que incluso las más grandes partículas de sólidos serán suspendidas del fondo de la cámara de fricción, asegurando una buena distribución del tiempo de residencia.

Los impulsores usualmente son revestidos en goma, pero también pueden ser fabricados de aleaciones duras.

### ***El impulsor de control de flujo LIGHTNIN***

En la fase de desarrollo del depurador por fricción de LIGHTNIN, se determinó que las fallas o la más baja eficiencia de los sistemas de fricción tradicionales podían ser rastreados a un control del flujo inconsistente, un giro predominante en la lechada, características malas de suspensión de sólidos para remover grandes sólidos desde el fondo de la cámara de fricción, vórtices e incorporación de aire. Todas estas condiciones generaban una gran variación en el tiempo de retención, corto circuitos y acumulación de sólidos. Como medio para entregar una condición de operación más estable sin introducir controles de proceso extensivos, LIGHTNIN aplicó el diseño del impulsor Bomba R320, el que es usado extensivamente en la Extracción por Solventes para controlar el cabezal y flujo en los sistemas de SX/EW. El R320 está diseñado de forma única para entregar una gran cantidad de flujo (para la suspensión de sólidos) en la cámara superior y el cabezal para levantar el flujo debajo del deflector de batea, a la velocidad de flujo requerida a través del sistema. El impulsor bomba toma el flujo a través de un orificio en una pared separadora entre el compartimiento de fricción de alta intensidad y el compartimiento superior de sobre flujo. La presencia de este impulsor R320 previene la incorporación de aire y la producción de vórtices, efectos que son detrimentales para el efecto de fricción.

## **Conjunto del Agitador**

El conjunto del agitador incluye los siguientes componentes:

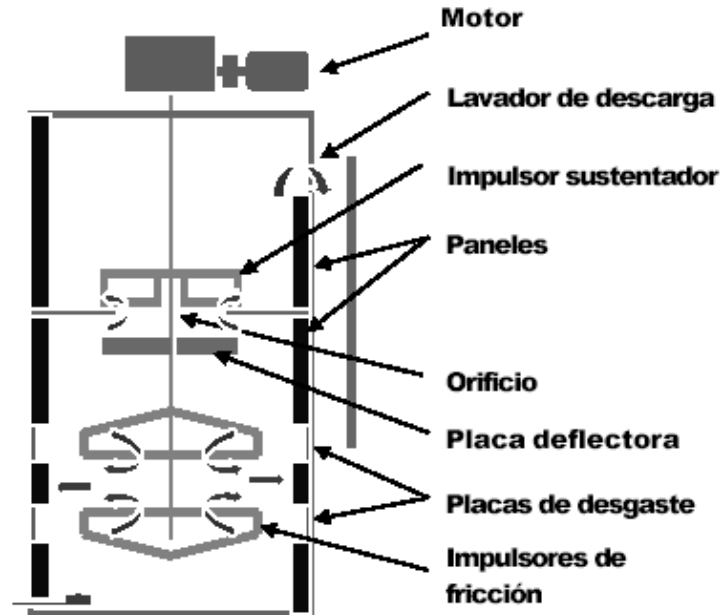


Figura 6: Componentes de los Depuradores de Fricción

La unidad completa es pre-ensamblada antes de la instalación y recubierta de goma. El conjunto es bajado dentro de la celda como una unidad única.

Esta disposición facilita la mantención y el armado y desarmado cuando sea necesario.

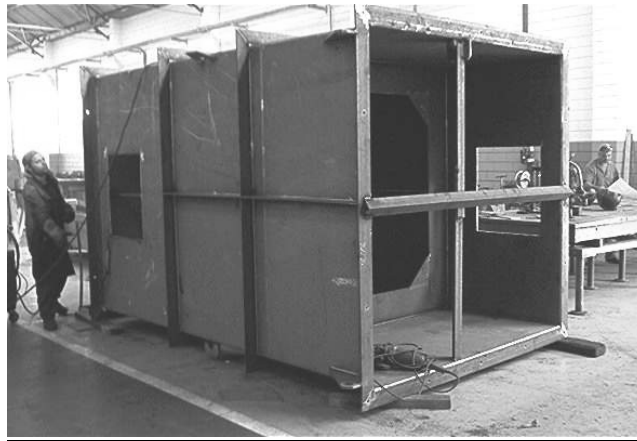


Figura 7: Depuradores de Fricción de 25m<sup>3</sup> siendo fabricados en Brasil



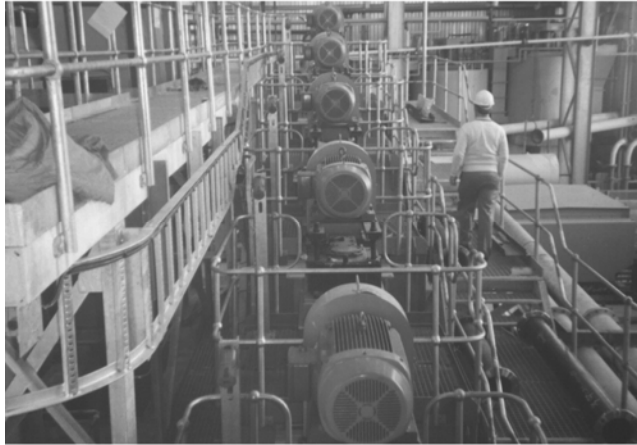


Figura 8: Depuradores de Fricción de 5 x 10m<sup>3</sup> , Anglo Platinum, Sudáfrica

Las aplicaciones de los depuradores de fricción incluyen la obvia alimentación de flotación o acondicionamiento para Zinc, Cobre, Oro y Platino. La implementación de las unidades de depuradores de Fricción en el bajo flujo de la Celda de Flotación entregará un acondicionamiento adicional de las partículas en el caso que la re-flotación sea una consideración, lo que a su vez minimizará las pérdidas tanto en los minerales valiosos como en los Colectores químicos.

Pruebas de laboratorio en acondicionamiento de flotación de cobre (antes del rascador) mostraron que la utilización de los depuradores de fricción LIGHTNIN ha entregado recuperaciones adicionales de 2,5 % a 7 % cuando son comparados con la misma lechada que fue flotada pero no condicionada. Cálculos iniciales muestran que el reacondicionamiento de un depurador de fricción en un circuito de flotación de concentrado de cobre entregaría un Retorno de la Inversión (ROI) en menos de un año. Las columnas patentadas del depurador de fricción, con su pequeña utilización de superficie y gran capacidad, pueden ser usadas en los reacondicionamientos de plantas de concentrado de cobre.

La implementación de un depurador de Fricción como un acondicionador de partículas puede tomar la carga de una molienda de ultra finos del circuito de molienda y permitir una alimentación ligeramente más gruesa al circuito de flotación sin miedo de incrementar pérdidas o de eficiencia reducida.

## CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS CLAVES

- **Amortiguación correcta:** El depurador de fricción entrega una potencia de alta intensidad a la lechada. Toda esta energía solamente puede ser convertida en fricción y suspensión de los sólidos si se agrega la cantidad correcta de amortiguación a la cámara de fricción. Los amortiguadores o deflectores convierten la energía que de otra manera sería transformada, en giro del flujo para la combinación de impulsores A320/A340, creando corte donde se encuentran los dos flujos. La deflexión correcta también evita los vórtices y el atrapamiento de aire.
- **Tiempo de residencia controlado:** El tiempo de residencia es un parámetro clave en la selección del tamaño de la máquina. El hecho de que el diseño de la máquina asegura que todas las partículas son introducidas por el fondo de la máquina,

forzándolas a pasar a través de la zona de fricción, y luego pasadas a una velocidad controlada a través del orificio inter etapas. La utilización de celdas múltiples del depurador de fricción (múltiples etapas) y su relevancia en el efecto del control de la distribución del tiempo de residencia se muestra en la tabla 1.

Número de celdas (etapas)	Tiempo de residencia de la partícula		
	% muy corto	% tiempo correcto	% muy largo
1	30	65	5
2	15	83	2
3	9	90	1
5	3	97	0
10	1	99	0
20	0	100	0

Tabla 1: Efecto del número de etapas – distribución del tiempo de residencia

- **Tasas de desgaste más bajas:** Debido a la naturaleza del proceso, la depuración por fricción está en un medio altamente abrasivo. El cuidado que LIGHTNIN ha tenido en el diseño reduce esta abrasión a niveles desconocidos en la industria. Almohadillas de desgaste reemplazables han sido colocadas estratégicamente para minimizar el problema potencial, en las paredes de la celda en las áreas de alta velocidad, cerca de las puntas de los impulsores.
- **Impulsor bombeador y placa de deflexión eficientes:** El traspaso preciso de la lechada de una manera controlada y calculada minimiza la potencia desperdiciada en esta etapa. Nuestros impulsores de fricción solamente trabajan para generar la fricción mientras que el impulsor bombeador R320 trabaja en enviar el flujo total de una celda a la siguiente. Los efectos combinados de los deflectores, de la placa deflectora y del impulsor bombeador evitan la formación de vórtices y la incorporación de aire. La formación de vórtices reduciría las gradientes de corte; reduce la capacidad de la suspensión de los sólidos y la transferencia de energía hacia la lechada. La incorporación de aire dentro de la cámara de fricción haría que la lechada se pusiera más compresible y el choque entre las partículas sería atenuado reduciendo la eficiencia de la fricción.
- **Celdas idénticas:** Una característica única de la máquina LIGHTNIN es que todas las celdas son idénticas. Todos nuestros competidores tienen unidades de bombeo hacia arriba y hacia abajo, forzando al cliente a mantener el doble del número de las partes de desgaste. Las celdas se pueden agregar para formar una batería de celdas. Las partes son intercambiables entre las celdas.

## ÉXITO RECIENTE

Nos gustaría informar acerca del éxito con la arcilla caolín en las aplicaciones de agitación y molienda. El tren existente de depuradores de fricción tenía celdas con impulsores del tipo “cortador” de alta velocidad, que fueron reemplazados por las celdas de depuración por fricción de LIGHTNIN. La calidad y la cantidad de Caolín recuperado subieron significativamente, evidenciado por el bajo porcentaje de caolín

presente en el relave. En otra aplicación, las celdas del depurador por fricción de LIGHTNIN fueron modificadas para agregar medios de molienda retenidos en la celda por una malla colocada en la cámara superior. Los resultados han demostrado una recuperación adicional muy significativa del mineral de Caolín sobre el depurador por fricción existente con diseño antiguo.

A la fecha, solamente se han llevado a cabo pruebas a escala con el cobre, que repitieron la misma calidad de resultados que en resultados iniciales de laboratorio para otros minerales tales como el platino. Los resultados en el cobre son muy excitantes, mostrando que el depurador de fricción puede mejorar la recuperación de manera significativa para hacer muy viable la instalación o la mejora de las plantas de concentración ya existentes.

## **CONCLUSIONES**

LIGHTNIN posee un diseño probado que ha combinado la más avanzada tecnología de mezclado con requerimientos operacionales prácticos. El depurador de fricción LIGHTNIN ofrece beneficios significativos en el proceso a través de un vasto rango de aplicaciones. Desde el acondicionamiento pre-flotación hasta la molienda, delaminación, remedio de suelos, procesos de reciclado de botellas PET y beneficio de arenas de bituminoso, el depurador de fricción LIGHTNIN ha demostrado que posee una nueva tecnología capaz de hacer muchos procesos técnica y económicamente viables.

A la fecha, las pruebas e instalaciones en Zinc, Cobre, Oro, Platino y Caolín han entregado recuperaciones mejoradas entre 2,5% y 7%. Estos resultados mejorados han demostrado ser consistentes con las pruebas en escala en laboratorio y en operaciones a escala completa.

## **REFERENCIAS**

**Csiszar, P. and Stewart R. (2006)**, "Attrition Scrubbing benefits in Nickel Processing", Procedimientos de la Conferencia de Níquel / Cobalto ALTA, Perth, Australia

**Oldshue J. (1983)**, "Fluid Mixing Technology", McGraw-Hill.