

Medidor Sonar de Flujo versus Medidor Magnético de Flujo
Aplicación: Alimentación de Hidrociclón de Gran Diámetro en una Planta
Concentradora de Procesamiento de Minerales

Una Comparación de Costo y Rendimiento para Medir Flujo Volumétrico

Por Paul Rothman, Presidente, CiDRA Minerals Processing, Inc.

Introducción

Las plantas de procesamiento de minerales generalmente usan molinos de molienda en circuitos cerrados con baterías de hidrociclones para producir pulpa con una distribución de tamaño de partícula muy específica. Este tamaño de distribución es crítico para el rendimiento de la etapa de recuperación de flotación. Por lo tanto, es importante operar la batería de hidrociclones dentro de los puntos de ajuste definidos por el diseño. La velocidad tangencial y la densidad de la alimentación de pulpa son determinantes en la operación de la batería de hidrociclones. La velocidad tangencial se infiere a partir de la presión de la batería o del flujo volumétrico en la línea de alimentación, mientras que la densidad se mide directamente con un medidor de densidad. Por esa razón la mayoría de las operaciones de circuitos cerrados de trituración emplean un medidor de flujo volumétrico y uno de densidad en la línea de alimentación de hidrociclones.

La medición de la tasa de flujo volumétrico en una línea de alimentación de hidrociclones en una concentradora de cobre resulta una labor llena de desafíos, y el hacerlo con mineral altamente abrasivo con contenido de magnetita, agrega dificultades adicionales. Estos retos pertenecen principalmente a las áreas del rendimiento y la mantención. El dispositivo de medición de flujo debe tomar una medición precisa considerando los grandes cambios en la densidad de pulpa y contenido de magnetita, así como el contenido de aire arrastrado. Los medidores magnéticos de flujo no están bien equipados para enfrentar los cambios de concentración de magnetita o aire arrastrado. Debe tenerse en cuenta que el aparato de medición de densidad también está sujeto a errores originados por el aire arrastrado en la pulpa, que generalmente es causado por bajos niveles del colector. Los ingenieros de instrumentación de esta aplicación, así como los ingenieros de proceso y el personal de mantención están dedicados a proporcionar una medición precisa y repetible de la tasa de flujo con el menor tiempo posible de mantención y detención de proceso. Generalmente un medidor magnético de flujo tendrá una vida útil entre seis meses y 5 años, dependiendo del tipo de mineral y la velocidad de la pulpa. Por lo tanto la mantención de estos dispositivos resulta muy costosa si se consideran todos los factores. Estos factores incluyen el costo inicial de capital, el costo de instalación, seguridad, rendimiento del medidor, mantención, requerimientos de repuestos, el plazo de entrega y el tiempo de detención del proceso. El costo real del ciclo de vida de un punto de medición magnética de flujo en una concentradora es significativamente mayor que simplemente el costo inicial de capital.

Un medidor sonar proporciona una medición de flujo volumétrico más precisa, confiable y repetible y sin necesidad de mantención. En esta aplicación, los medidores sonares resultan ser la solución para una medición de flujo volumétrico más efectiva desde el punto de vista de costos. Además, se pueden obtener nuevas formas de ganancias de rendimiento en la recuperación al proveer a la flotación de una alimentación con distribución más uniforme de partículas. Esto se consigue al

corregir la medición de densidad de la pulpa en las tan variables cantidades de aire arrastrado de la línea de alimentación de los hidrociclones. CiDRA cuenta con muchos años de experiencia entregando valor a la industria de la minería en aplicaciones de este tipo que constituyen un reto en las concentradoras. Existen medidores sonares en 40 faenas mineras en ocho países.

Comparación de Tecnología entre el Medidor Magnético y el Medidor Sonar

La siguiente es una comparación de ventajas y desventajas de la tecnología del medidor magnético de flujo con respecto de la tecnología del medidor sonar aplicada a líneas de alimentación de hidrociclones de gran diámetro.

Característica	Flujómetro Magnético	Flujómetro Sonar
Instalación	<ul style="list-style-type: none"> - El tubo en línea requiere flange de cañería y empaquetaduras - El tubo magnético es pesado y se requiere equipo para levantarlo - La instalación demora 8 horas si la realiza una cuadrilla de varias personas - El proceso debe ser detenido para ejecutar la instalación 	<ul style="list-style-type: none"> - Se instala en el exterior de la cañería de proceso (requiere 1 metro de cañería recta) - El tiempo de instalación generalmente es de 2 horas y puede instalarlo una sola persona - El proceso puede seguir su curso durante la instalación
Configuración del Sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Los electrodos están en contacto con la pulpa causando problemas de confiabilidad y filtración 	<ul style="list-style-type: none"> - La banda del sensor se instala en el exterior de la cañería y no se ve afectada por las propiedades de la pulpa
Sensibilidad al Codo	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere 5 a 10 diámetros de sección recta ascendente para lograr la precisión indicada 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede instalarse a la salida de un codo y aun así cumplir la precisión indicada - Se prefieren 5 a 10 diámetros si las condiciones lo permitieran
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Al ser un dispositivo instalado en la línea, la filtración siempre es una preocupación. La integridad de la cañería está comprometida. - Durante la instalación se necesita equipo pesado para levantar y poner en su posición el tubo. Esto agrega un riesgo de seguridad cada vez que se realiza esta acción. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existen temas de seguridad relacionados con la instalación. - La integridad de la cañería no resulta comprometida y cada componente del sistema puede ser levantado con facilidad por una sola persona.

Característica	Flujómetro Magnético	Flujómetro Sonar
Mantenición	<ul style="list-style-type: none"> - Los electrodos y revestimientos resultarán dañados por la naturaleza abrasiva de la pulpa - Los tubos y/o revestimientos deberán ser reemplazados regularmente. El período variará entre cada 6 meses y cada 3 años. 	<ul style="list-style-type: none"> - No necesita mantención.
Precisión	<ul style="list-style-type: none"> - Cada tubo del flujómetro magnético es calibrado en fábrica con un “factor de medidor”. Esta calibración se realiza utilizando agua. El tubo tendrá imprecisiones relacionadas con las propiedades de la pulpa. - La mayoría de los tubos no son corregidos para los efectos de la magnetita. Incluso aquellos que sí son corregidos, lo son sólo para un nivel de densidad de magnetita. La densidad de la magnetita cambiará con el tiempo y así el tubo quedará fuera del nivel de calibración. - El tubo del flujómetro magnético realiza una medición absoluta de voltaje. Con el paso del tiempo y la temperatura, esta medición puede variar y causar imprecisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - La calibración se realiza sobre la base de un número de modelo, no sobre la base de un número de serie. No hay nada que ajustar de un medidor a otro. - La calibración también se hace utilizando agua, pero las propiedades de la pulpa no afectan la calibración. Por lo tanto, las propiedades de la pulpa pueden cambiar con el paso del tiempo, pero la calibración del medidor no cambiará. Esto incluye la magnetita. - El tiempo y la distancia son las únicas mediciones absolutas que se realizan. El Tiempo corresponde al reloj en el transmisor y la distancia es el espacio fijo del sensor que es controlado en la fabricación. Todas las otras mediciones son relativas y, por lo tanto, no son inherentes al mecanismo.
Repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Los años de experiencia han demostrado que los tubos del flujómetro magnético son sensibles a las propiedades de la pulpa. En esta aplicación las propiedades de la pulpa están cambiando continuamente. Esto se manifiesta en problemas de repetibilidad de las lecturas de flujo. Es sabido que los tubos de los flujómetros magnéticos presentan lecturas de flujo que no capturan la carga de la bomba sobre bases repetibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe sensibilidad a las propiedades de la pulpa, por lo tanto la repetibilidad ha probado ser excelente. De hecho, existen ejemplos reales documentados de comparaciones de cabezas donde los medidores sonares capturan mejor la carga de la bomba que los flujómetros magnéticos.
Sensibilidad al Aire Arrastrado	<ul style="list-style-type: none"> - El aire arrastrado en la pulpa puede causar lecturas erráticas del flujo sin medios para corregir. - Al calcular el flujo volumétrico, el flujómetro magnético asume una cañería llena. Cualquier cantidad de aire o fracción vacía no será contabilizada. Un 1% de aire causará un error del 1% en las mediciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe sensibilidad al aire arrastrado. La lectura de flujo no será afectada por las cantidades variables de aire. - Los niveles de aire pueden ser realmente medidos y la tasa de flujo puede ser corregida para reflejar la fracción vacía y producir una medición de flujo más exacta.

Característica	Flujómetro Magnético	Flujómetro Sonar
Sensibilidad a la magnetita	- Se ha comprobado que los flujómetros magnéticos son sensibles a la magnetita presente en la pulpa. Incluso los medidores con corrección para magnetita son sólo corregidos a un nivel de densidad. Si el nivel de densidad cambia en el tiempo, el medidor quedará fuera de calibración.	- No es sensible a la magnetita. La lectura del flujo no será afectada por las cambiantes densidades de la magnetita.
Diagnósticos	- Los medidores magnéticos de flujo pueden realizar un número limitado de diagnósticos. Esto dependerá en gran medida del modelo.	- El transmisor tiene una extensa capacidad de diagnóstico. Los problemas de cableado son presentados al usuario en afirmaciones en inglés tales como “swap wire 1 with wire 7” (“intercambie el cable 1 con el 7”). - El transmisor tiene una memoria integrada de gran capacidad. Se puede almacenar hasta un año de información que luego puede descargarse con un software a un PC. Esto resulta muy útil cuando se realizan pruebas de rendimiento sin interferir con las salas de DCS.
Tiempo de Despacho del Producto	- Los medidores de este tamaño generalmente tienen plazos de entrega de 12 a 16 semanas.	- El plazo de entrega es generalmente de 2 a 4 semanas.
Repuestos	- Dada la extensión de los plazos de entrega, generalmente es necesario mantener un tubo en stock en terreno. Esto puede resultar muy costoso.	- No es necesario un equipo de repuesto.
Costo Total de Patrimonio	- El costo total del patrimonio se construye con lo siguiente: - Costo de capital - Instalación - Mantenimiento anual y reparación (hasta 2x por año) - Repuestos (un tubo) - Incidentes de seguridad - Pérdida de tiempo de producción por causa de las detenciones y problemas crónicos de rendimiento	- El costo total del patrimonio se construye con lo siguiente: - Costo de capital - Instalación

Beneficios del Rendimiento del Medidor Sonar

El medidor sonar entrega mediciones de flujo más precisas, repetibles y confiables así como también cuenta con la capacidad de proporcionar una medición del aire arrastrado que puede utilizarse para corregir la medición de la densidad. Una lectura más precisa de flujo permitirá un control más exacto de la carga circulante del molino. Un control sólo un 1% más estrecho de la carga circulante, equivale a un 1% de aumento en el resultado de la molienda. Este aumento en el resultado de la molienda podría traducirse en aproximadamente US\$2.000.000 por año (100.000 toneladas por día, 0,5% de ley de cobre, 85% de recuperación, 28% de concentración, US\$2,50/lbs). Además, un control más exacto de la densidad de la pulpa de alimentación a la batería de hidrociclones se reflejará en una distribución de tamaño de partícula más exacta para la flotación. La sensibilidad de la recuperación de producto a la distribución de tamaño de partícula depende en gran medida de los

parámetros específicos de cada faena. Asumiendo que se pueda lograr un 1% de aumento en la recuperación al controlar la densidad de la alimentación, entonces esto se traduciría en aproximadamente otros US\$2.000.000 por año.

Instalación en Línea de Alimentación de Hidrociclones

Las siguientes son algunas fotos de ejemplos de instalaciones de flujómetros sonares y magnéticos. Aunque éstas corresponden a configuraciones de cañerías muy dificultosas, el medidor sonar se desempeña excepcionalmente bien. Como esto se realiza desde el exterior de la cañería, no hay posibilidad de filtración. La foto del flujómetro magnético muestra los problemas de filtración que pueden ocurrir al poco tiempo de servicio.



Figura 1: Medidor Sonar de Flujo VF-100



Figura 2: Medidor Magnético de Flujo

Resumen

La tasa de flujo volumétrico en una línea de alimentación de hidrociclones es una medición importante cuando se procesa mineral en una operación de molienda de circuito cerrado. La tecnología del medidor magnético de flujo tradicional padece de problemas de rendimiento y además representa un alto costo de patrimonio. El medidor sonar proporciona un rendimiento superior con un menor costo total de patrimonio. El flujómetro sonar entrega una proposición de alto valor en esta aplicación, especialmente cuando hay presencia de mineral magnético en la pulpa como magnetita, arsenopirita y pirrotita. Un beneficio adicional del medidor sonar es la habilidad para medir la cantidad variable de aire arrastrado en la pulpa. Esta información puede ser utilizada para corregir la densidad de la pulpa alimentada. Esta precisión adicional puede significar ganancias en el resultado y recuperación de la molienda.