

# Estudio de Rastreo de Tamaño de Partícula (PST) en Tiempo Real en Cada Ciclón en Múltiples Concentradoras

**Christian O'Keefe, Robert Maron\*, Dylan Cirulis y Juan Francisco Medina**  
*CiDRA Minerals Processing, USA*

## RESUMEN

El control adecuado de la molienda ha estado limitado por la incapacidad de rastrear los tamaños de partícula en el overflow en tiempo real y en cada hidrociclón. Los instrumentos diseñados con tecnología más antigua, como es el caso de los que utilizan ultrasonido, difracción láser o pinzas mecánicas, no hacen mediciones en tiempo real y sus frecuencias de actualización generalmente son de tres a nueve minutos. Además, requieren muestreadores, usualmente tienen tiempos productivos bajos, y no pueden monitorear cada ciclón en términos rentables. Estas limitaciones han quedado atrás con la llegada de una nueva tecnología, el rastreo de tamaño de partícula (PST por su sigla en inglés) basado en impactos acústicos. Esta nueva medición ha permitido aumentar el nivel de control del tamaño de la partícula por medio del control del circuito de molienda y en cada ciclón.

La primera implementación comercial del rastreo de tamaño de partícula basado en impactos acústicos ha producido un sistema que monitorea el overflow de cada ciclón de la batería en tiempo real y con actualizaciones cada cuatro segundos. Este documento detalla la calibración y la precisión obtenida con esta tecnología bajo diferentes orientaciones de tuberías en el overflow del ciclón, con diferentes tipos de mineral, particularmente con gravedades específicas variables, y distintas fracciones de tamaño. Se presentarán los resultados obtenidos en siete concentradoras diferentes. La gravedad específica de los sólidos secos osciló entre 2,7 y 4,1. Las orientaciones de las tuberías de overflow variaron entre vertical y horizontal. Las fracciones de tamaño estuvieron en el rango de P80 de 75 a 200 micrones. Los valores de precisión de la medición obtenida estuvieron dentro de los 5 puntos de porcentaje para una desviación estándar. Estas precisiones fueron medidas bajo condiciones de operación de la planta en lo que respecta a las muestras obtenidas de las tuberías de overflow y fueron tamizadas utilizando tanto procedimientos húmedos como secos.

## INTRODUCCIÓN

El valor de una medición de tamaño de partícula en tiempo real es que permite la determinación del impacto que puede tener sobre el tamaño de la partícula un cambio en las condiciones de operación y, lo que es más importante aún, la implementación eficiente de un sistema de control que ha demostrado ser un aporte que mejora el valor económico de la concentradora (Cirulis, et al., 2015). El valor de tales mediciones en cada tubería de overflow del ciclón es que permite monitorear el funcionamiento de cada ciclón y que puede variar sustancialmente entre los ciclones de una misma batería. El valor del sistema de medición del tamaño de partícula que no toma muestras es que requiere una mínima mantención y tiene una alta tasa de disponibilidad y de tiempo productivo.

## PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El monitoreo de tamaño de partícula por medio del impacto acústico es un método único para medir y monitorear los tamaños de partícula en las líneas de overflow del ciclón. La implementación de esta tecnología se basa en una sonda que se inserta en el flujo de pulpa a través de un orificio de 2 pulgadas (50 mm) en la tubería de overflow como se muestra en la **Error! Reference source not found.** Las partículas que están dentro del flujo de pulpa impactan la superficie de la sonda generando ondas de tensión que viajan dentro de la sonda. Un sensor convierte estas ondas de tensión en una señal eléctrica y las técnicas patentadas de procesamiento traducen estas señales en la medición del tamaño de partícula que se entrega cada cuatro segundos. El sensor efectivamente toma muestras de un pequeño porcentaje del flujo de pulpa que es órdenes de magnitud mayor que el muestreo por otras tecnologías convencionales que usan muestreadores en línea y que no toman muestras de cada hidrociclón. También, debido a la ubicación del sensor que está aguas abajo del hidrociclón y la presencia de un núcleo de aire en ese punto, el sensor no produce cambio alguno en la presión de retroceso en el hidrociclón.

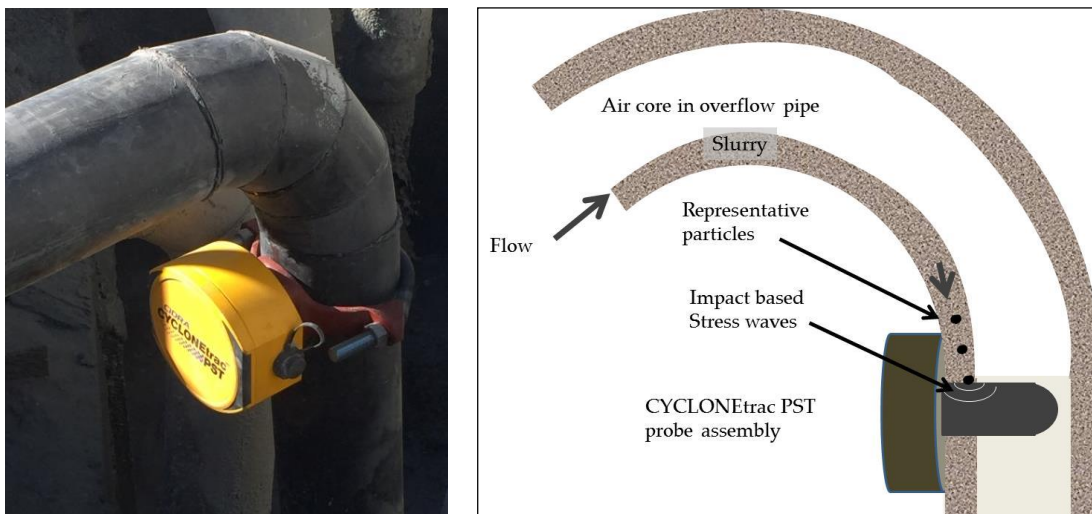


Figura 1 CYCLONetrac PST – Instalado en tubería de overflow (izquierda); ilustración del principio de operación (derecha).

Los métodos de dimensionamiento en línea del flujo de overflow, ya sea por medio de difracción, ultrasonido, basados en el tamaño o el impacto, necesitan calibración por correlación de sus señales con muestras que son correspondientemente analizadas en tamices de laboratorio o por medio de partículas de referencia (Outotec, 2009). El CYCLONÉtrac PST que hace la medición a través de impactos también necesita calibración para compensar las influencias del tipo de ciclón, tipo de mineral y el lugar de instalación del sensor. Para asegurar una buena calibración compuesta que pueda aplicarse a todos los ciclones dentro de una batería, se debe tomar muestras del overflow de cada uno de los ciclones en una batería. Cuando se ejecuta dicha calibración, ya no es necesario volver a realizarla, ni siquiera cuando se reemplaza el sensor. Además, se debe tomar muestras más allá del ámbito de operación esperado de los ciclones para asegurar una medición precisa cuando el ciclón está trabajando fuera de su rango normal de operación, incluyendo pero no limitándose a eventos de roping, arranques, detenciones y vaciados. De esta manera se evita la incerteza de la medición que se produce cuando se utilizan modelos de calibración para extrapolar las mediciones más allá del rango calibrado.

## **METODOLOGÍA TÍPICA DE PRUEBAS**

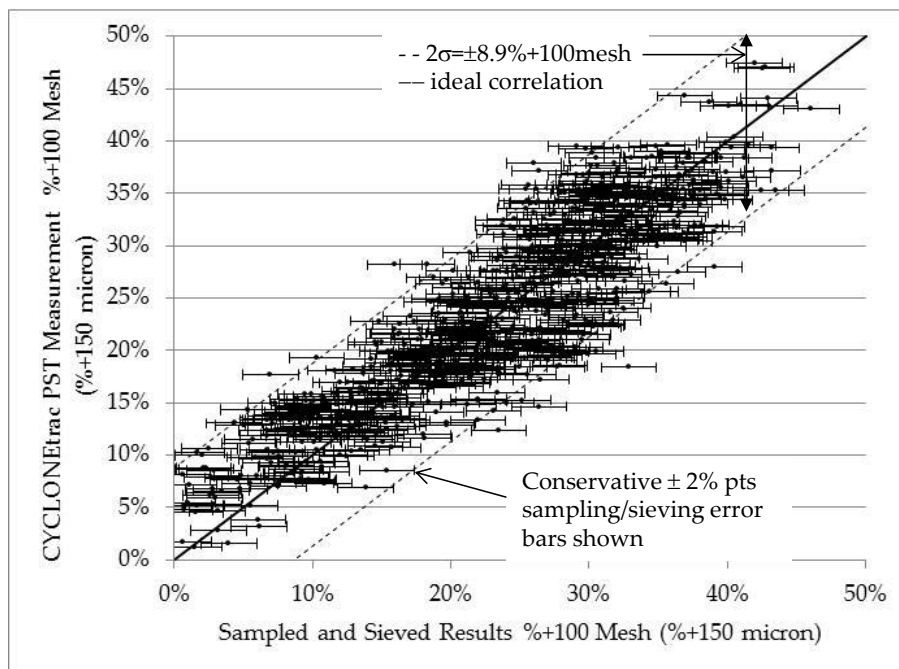
Las pruebas se agruparon en dos categorías: pruebas de batería de ciclones completa/planta completa o pruebas con ciclones individuales. En cada caso se perforaron orificios de 2 pulgadas (50 mm) en las tuberías de overflow del ciclón y se instaló una sonda PST. En el caso de las pruebas de baterías de ciclones completas/plantas completas, las sondas PST fueron cableadas al computador central de procesamiento, mientras que en el caso de las pruebas de ciclones individuales, la sonda PST se conectó a un registrador de datos independiente alimentado por corriente CA/batería. Mientras se registraban los datos en la computadora, se tomaron muestras del overflow del ciclón. Estas muestras fueron tamizadas ya sea por tamizado en seco (Rot-Tap), tamizado en húmedo con una sola malla o tamizado en húmedo con múltiples mallas utilizando diferentes procedimientos dependiendo del protocolo en el laboratorio metalúrgico o si fue realizado por personal de CiDRA. Se registró la hora a la que se tomó la muestra, y los resultados se utilizaron en conjunto con los datos registrados para generar los coeficientes de calibración. Durante una campaña de muestreo de una batería de ciclones completa o de planta, se dividieron los resultados obtenidos de las muestras entre muestras de calibración y muestras de validación.

## **SITIO #1 (EE.UU.): COBRE, MOLIBDENO EN MINERAL PORFÍDICO**

Esta concentradora procesa 168 kt/d de mineral de cobre porfídico con una típica ley de cabeza de 0,2 a 0,5%. Adicionalmente, el yacimiento contiene molibdeno con una ley de 0 a 0,1%, además de oro y plata. Después del proceso de chancado, el mineral se envía a través de cuatro líneas paralelas de molienda cada una consistente en un molino SAG y un circuito de chancado de pebbles seguido de dos molinos de bolas en paralelo y cada uno operando en un circuito cerrado inverso con una batería de ciclones dedicada de 10 a 14 ciclones. El overflow se envía a flotación a celdas Wemco de agitación mecánica o a celdas Outotec con aire forzado. Las mediciones del tamaño de partícula se realizan a través de turnos de muestreos combinados de 12 horas.

Se instalaron sistemas PST en cada batería de ciclones con un total de 92 sondas PST. Durante el transcurso de varios meses se tomaron más de 1000 muestras de los flujos overflow de los ciclones y se procesaron o en tamizado en seco (Rot-Tap) o tamizado en húmedo en tamices de malla 100 (150

micrones). Estas muestras se usaron para generar los coeficientes de calibración o para validar las mediciones calibradas del PST. El parámetro utilizado para el sistema de control es %+ malla 100. El rango de operación para el parámetro %+ malla 100 generalmente oscila entre 20 a 35% con un tamaño esperado que ha sido definido para maximizar el valor económico de la producción. El sistema de control utiliza la medición del PST para definir y mantener el tamaño de partícula deseado. Durante el curso de la recolección de muestras de calibración y validación, los tamaños de partículas oscilaron en un rango de 6,7 a 34,6 %+ malla 100 con algunas de ellas alcanzando rangos mucho más altos durante eventos de roping. Cuando se compararon las mediciones calibradas del PST sobre el rango de operación que no sea condiciones de roping con las muestras tomadas para calibración y validación, se obtuvo el coeficiente de determinación o  $R^2$  de 0,803. En términos de la diferencia entre las mediciones tomadas con el PST y los resultados de las muestras, se calculó una desviación estándar de 4,45 puntos de porcentaje o 4,45 %+ malla 100. Las variaciones en la calibración producidas de ciclón a ciclón y de batería a batería quedan capturadas en esta desviación estándar pues se aplicaron los mismos coeficientes de calibración a todos los ciclones de la planta. En la Figura 2 se muestra una comparación de las mediciones realizadas con el PST calibrado con los resultados de las muestras junto con las líneas que indican una desviación de dos desviaciones estándar de la correlación ideal.



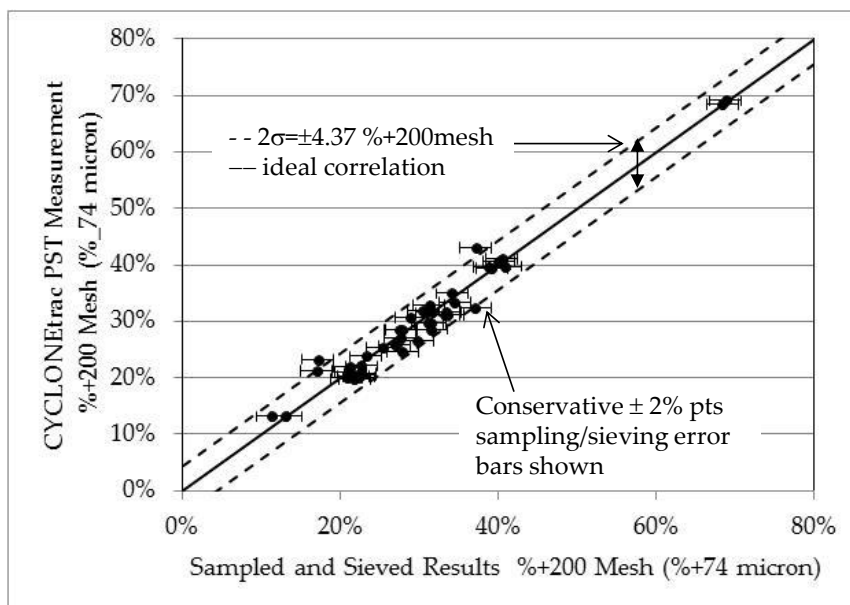
**Figura 2** Mediciones de 150 micrones realizadas por CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en una concentradora de cobre/molibdeno que procesa mineral de cobre porfídico

**SITIO #2 (MÉXICO): COBRE, ORO Y PLATA EN MINERAL PORFÍDICO**

Esta concentradora procesa 8.000 t/d de mineral con contenido de 0,9 – 1,1% de cobre, 48 – 53 g/t de plata y 1,5 – 1,9 g/t de oro. Tiene seis circuitos abiertos de molinos de bolas en la etapa de molienda primaria seguidos de clasificación por ciclones con un ciclón de 15 pulgadas por molino de bolas de manera que el flujo overflow se dirija a la flotación y el underflow a la molienda secundaria. En la molienda secundaria la pulpa pasa a través de dos molinos de bolas que están

dispuestos en circuito cerrado con dos baterías de ciclones con ciclones de 20 pulgadas. Actualmente las mediciones del tamaño de partícula se realizan por medio de muestreo manual y tamizado.

Se instaló una sonda PST en el ciclón asociado al molino de bolas #5 en la etapa de molienda primaria. Durante el transcurso de 5 días en un período de una semana, se tomaron 42 muestras y se tamizaron en seco en tamices de 60, 100, 150 y 200 mallas. Se generaron entonces los coeficientes de calibración para el porcentaje de sólidos por peso que fuera mayor a malla 200 (%+ malla 200). Este era el tamaño de interés con un nivel de operación nominal de 40% + malla 200 y un rango de operación de 20-60% + malla 200. Al variar la tasa de alimentación de sólidos y la adición de agua, se generó una variedad de tamaños de partícula en el overflow oscilando entre 11,3 y 40.9 %+ malla 200 para condiciones de de operación que no sean roping y 68,4 y 68,8 %+ malla 200 durante los eventos de roping. Cuando se compararon las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras tamizadas, se obtuvo un  $R^2$  de 0,964. En términos de la diferencia entre las mediciones del PST y los resultados de las muestras, se calculó una desviación estándar de 2,19 puntos de porcentaje o 2,19% + malla 200. En la Figura 3 se muestra una comparación entre las mediciones del PST calibrado y los resultados de las muestras, junto con las líneas que indican una desviación de dos desviaciones estándar de la correlación ideal.



**Figura 3** Mediciones de 74 micrones realizadas por el CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en una planta de cobre, plata y oro, mineral dominado por sílice y feldespato

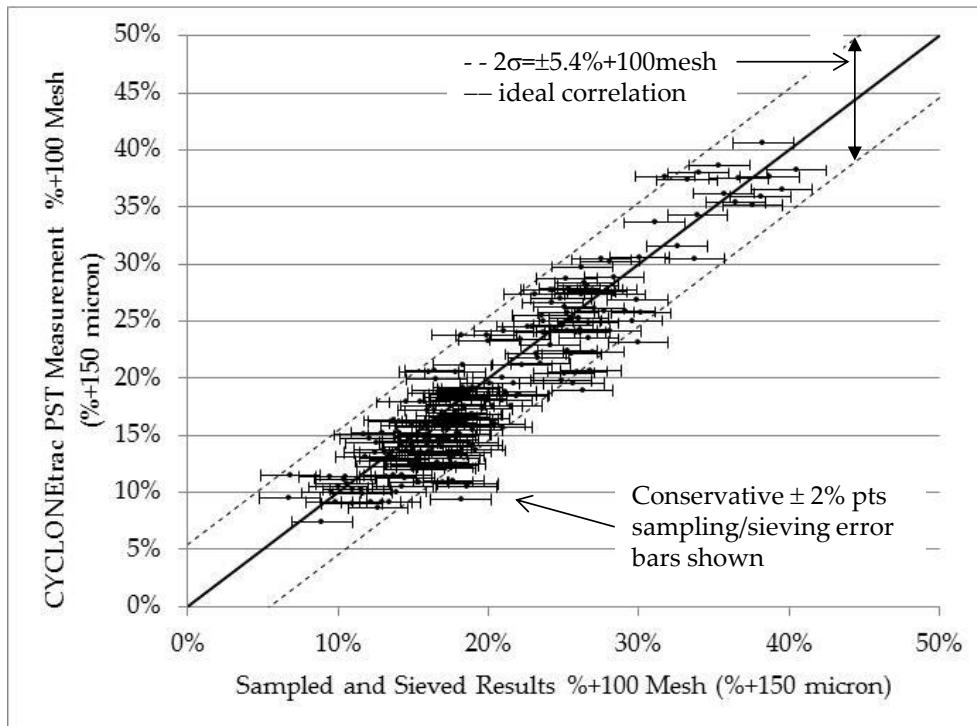
### SITIO #3 (CHILE): COBRE EN MINERAL PORFÍDICO

Esta concentradora procesa aproximadamente 100.000 t/d de mineral que contiene una mineralogía típica de yacimiento porfídico compuesto de calcosita, pirita, calcopirita, bornita y covelita con cobre de ley superior al 0,5%. El resto del mineral contiene principalmente sílice. El circuito de molienda está compuesto por un molino SAG seguido de múltiples molinos de bolas trabajando en circuito cerrado inverso con una batería de ciclones de 33 pulgadas con más de 10 ciclones por molino de bolas. El flujo de overflow proveniente de los ciclones se dirige a la flotación. El



parámetro de control de interés es el porcentaje de material retenido por los tamices de malla 100 (150 micrones). El rango típico de operación es de 15 a 20 %+ malla 100 (%+150 micrones).

Se instaló un sistema PST en una batería completa de 10+ hidrociclones con sondas PST individuales en cada overflow del ciclón. Debido a que la sección de circulación vertical descendente es muy corta, se instalaron las sondas PST en una sección horizontal de mayor longitud en la tubería de overflow. Por un período de varias semanas, se tomaron 268 muestras y se tamizaron en vía húmeda con procedimiento y equipo de tamizado rápido de propiedad de CiDRA a malla 100 (150 micrones). Entre las variaciones naturales del proceso, las manipulaciones deliberadas de la presión por medio de aperturas y cierres de ciclones, así como las diferencias de tamaño de partículas entre los ciclones, se capturó un cierto rango de tamaños de partículas. El rango se extendió de 6,8 a 40,5% + malla 100. Se generaron y aplicaron los coeficientes de calibración al sistema PST para comparar las mediciones del PST con los resultados de las muestras. Esta comparación arrojó un  $R^2$  de 0,86 y una desviación estándar de 2,7 puntos de porcentaje para la diferencia entre las mediciones realizadas por el PST y los resultados de las muestras. En la Figura 4 se muestra una comparación de las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras junto con las líneas que indican una desviación de dos desviaciones estándar de la correlación ideal.



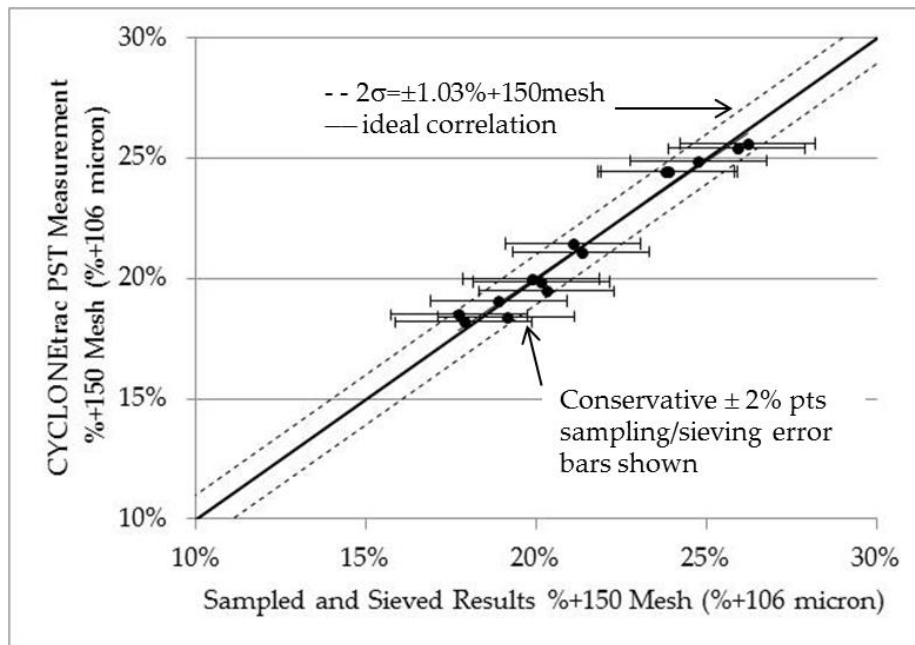
**Figura 4** Mediciones de 150 micrones realizadas por CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en una concentradora de cobre de gran tamaño

#### SITIO #4 (BRASIL): HIERRO EN MINERAL DE HIERRO DE ITABIRITA

Se espera que esta concentradora en Brasil produzca más de 15 Mt de hierro en el 2016. El circuito de molienda consiste en varias etapas de chancado seguidas de molienda HPGR y luego dos molinos de bolas en paralelo. Cada molino de bolas opera en circuito cerrado directo con una batería de ciclones de 33 pulgadas. El overflow de los ciclones pasa a través de ciclones

desenlodadores a la flotación inversa. El parámetro de control de interés es el porcentaje de material que pase por los tamices de malla 150 (106 micrones). Actualmente el tamaño de partícula se mide por medio de muestreo manual y tamizado.

Se instaló una sonda PST a un ciclón individual, y por un solo día se tomaron 15 muestras cubriendo cinco condiciones de operación. Se varió las condiciones de operación con la apertura y cierre de los ciclones para modificar la presión y por el cambio de adición de agua a la caja de la bomba que alimenta la bomba de la batería de ciclones. Las muestras fueron tamizadas por vía húmeda por el laboratorio metalúrgico con tamices de malla 325, 200, 150 y 100. Se generaron los coeficientes de calibración para el porcentaje de sólidos que pasaron por los tamices de malla 150 (106 micrones). Para el propósito de este documento se convirtieron los resultados a partir del porcentaje de sólidos que pasó al porcentaje de sólidos retenidos. Cuando se compararon las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras tamizadas, se obtuvo un  $R^2$  de 0,968. La comparación de la diferencia entre los resultados obtenidos por el CYCLONEtrac PST y las muestras tamizadas arrojó una desviación estándar de 0,5% + malla 150 como se muestra en la Figura 5.

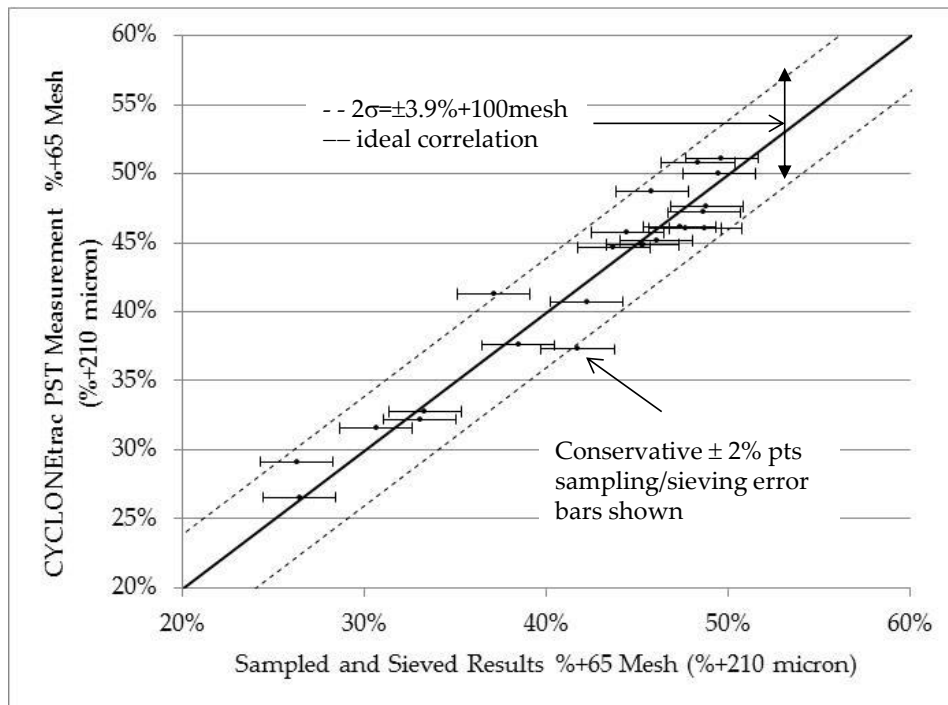


**Figura 5** Mediciones de 74 micrones realizadas por CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en un concentrador de mineral de hierro

**SITIO #5 (EE.UU.): COBRE EN MINERAL PORFÍDICO**

Esta planta procesa más de 50.000 t/d de mineral de cobre con un contenido de cobre inferior a 0,4% y menos de 0,1% de molibdeno. El circuito de trituración está compuesto de tres etapas de chancado seguidas de líneas paralelas de molinos de bolas cada una operando en circuito cerrado directo con una batería dedicada de ciclones inclinados de 33 pulgadas. El parámetro del tamaño de partícula de interés es de + malla 65 (%+210 micrones) con un rango de operación típico de 15 a 14 %+ malla 65.

Se instaló una sonda PST en la sección horizontal del overflow de un ciclón individual, y por tres días se tomaron 29 muestras cubriendo diversas condiciones de operación. Las condiciones de operación variaban con el cambio de la tasa de alimentación del molino de bolas y por el cambio de adición de agua a la caja de la bomba de la batería de ciclones. Las muestras fueron tamizadas en seco por el laboratorio metalúrgico con tamices de malla 48, 65, 100, 150 y 200. Se generaron los coeficientes de calibración para el porcentaje de sólidos que pasaron por los tamices de malla 65 (210 micrones). Para el propósito de este documento se convirtieron los resultados a partir del porcentaje de sólidos que pasó al porcentaje de sólidos retenidos. Cuando se compararon las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras tamizadas, se obtuvo un  $R^2$  de 0,93. La comparación de la diferencia entre los resultados obtenidos por el CYCLONEtrac PST y las muestras tamizadas arrojó una desviación estándar de 1,97% + malla 65 como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6** Mediciones de 210 micrones realizadas por CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en una planta de cobre/molibdeno

### SITIO #6 (BRASIL): FOSFATO EN MINERAL CON SÍLICE, MICA, MAGNETITA

Esta es una planta de roca de fosfato con un mineral de mineralogía compleja que incluye fosfato, magnetita, mica y silicatos. La trituración está compuesta por un circuito cerrado de molino de bolas con clasificación por ciclones. La batería de ciclones asociada a cada molino de bolas tiene ciclones de 26 pulgadas. El tamaño de partícula de interés es de malla 100.

Se instaló una sonda única de CYCLONEtrac PST y durante el transcurso de cuatro días se tomaron 39 muestras que fueron tamizadas por vía húmeda con tamices de malla 48, 65, 100, 150 y 200. Se generaron los coeficientes de calibración para %+ malla 100 (%+150 micrones). Cuando se



compararon las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras tamizadas, se obtuvo un  $R^2$  de 0,89. La comparación de la diferencia entre los resultados obtenidos por el CYCLONEtrac PST y las muestras tamizadas arrojó una desviación estándar de 1,73% + malla 100 como se muestra en la Figura 7.

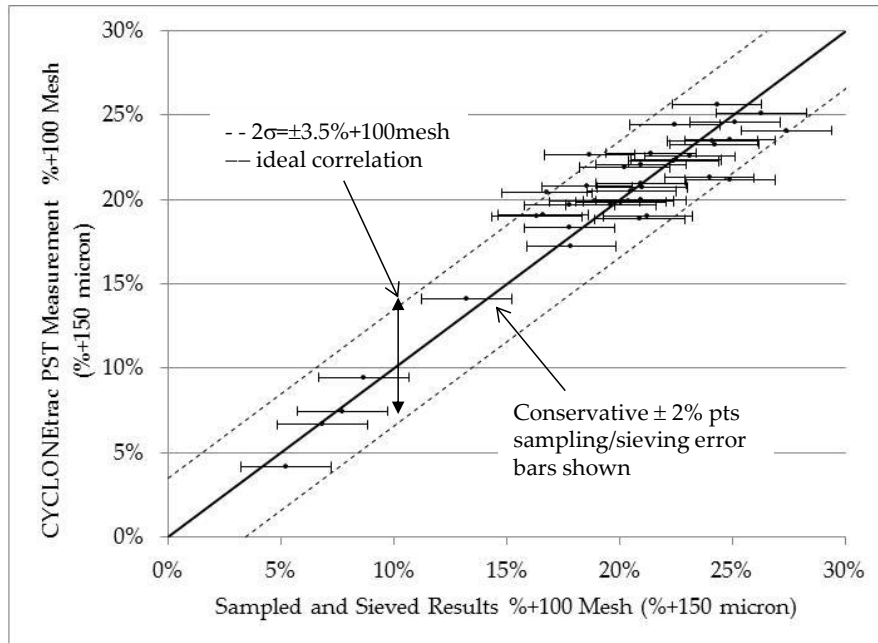
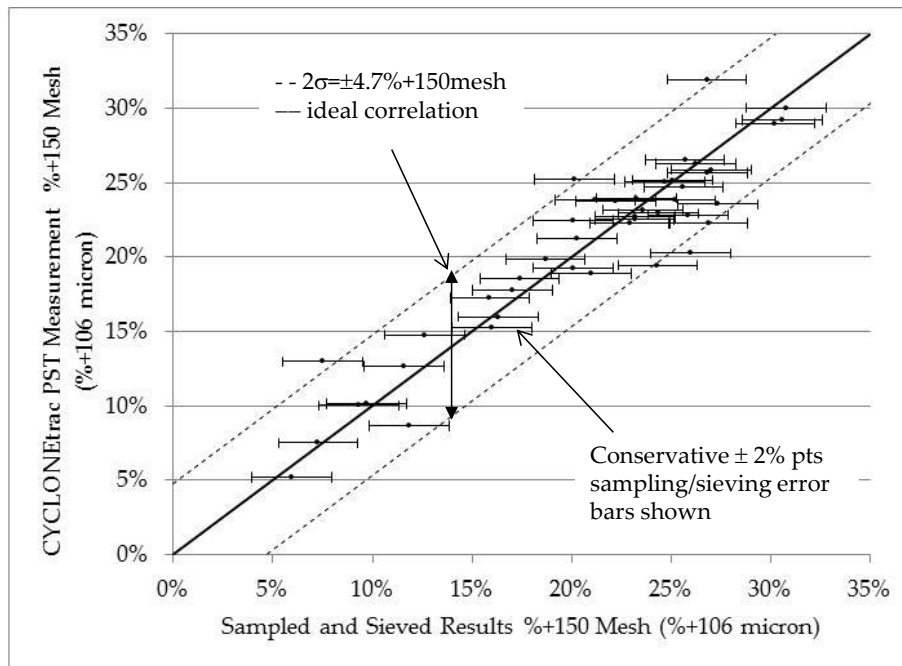


Figura 7 Comparación de resultados obtenidos por CYCLONEtrac PST y las muestras tamizadas

### SITIO #7 (BRASIL): ORO EN MINERAL CON MINERALOGÍA VARIABLE INCLUYENDO CUARZO

Esta es una concentradora de lixiviado de oro que procesa más de 1 Mt/año de mineral con contenido de 3 g/t de oro junto con una mineralogía compleja que contiene cuarzo, sulfuros y metapelita carbonosa. El circuito de molienda está compuesto por chancadores seguidos de dos molinos de bolas paralelos cada uno de ellos operando en un circuito cerrado con una batería de ciclones. El overflow proveniente de los ciclones alimenta un circuito de lixiviación. El tamaño de partícula de interés es de malla 150 (106 micrones).

Se instaló una sonda única de CYCLONEtrac PST en uno de los ciclones operando en una batería de dos ciclones, y durante el transcurso de tres días, se reunieron 54 muestras que fueron tamizadas por vía húmeda con tamices de malla 100, 150 y 200. Se cambiaron las condiciones de operación variando las tasas de alimentación de sólidos y la adición de agua a la caja de la bomba de la batería de ciclones. Se generaron los coeficientes de calibración para %+ malla 150 (%+106 micrones) que oscilaron entre 6 y 30,7% + malla 150. Cuando se compararon las mediciones del PST calibrado con los resultados de las muestras tamizadas, se obtuvo un  $R^2$  de 0,87. La comparación de la diferencia entre los resultados obtenidos por el CYCLONEtrac PST y las muestras tamizadas arrojó una desviación estándar de 2,36% + malla 100 como se muestra en la **Error! Reference source not found.8**.



**Figura 8** Mediciones de 106 micrones realizadas por CYCLONEtrac PST comparadas con las muestras tamizadas en una concentradora de oro

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se entrega un resumen de los resultados de la aplicación de la tecnología de medición de tamaño de partícula a través del impacto acústico en siete sitios. No fue posible encontrar literatura relacionada con pruebas similares realizadas en plantas utilizando otro tipo de tecnologías para la medición del tamaño de partículas; por lo tanto, no se pudo realizar una revisión crítica o comparativa.

**Tabla 1** Resultados obtenidos por el sistema PST que utiliza el impacto acústico para medir el tamaño de las partículas. La tabla incluye las diferencias con los resultados obtenidos con el muestreo y el proceso de tamizado. Nota: Las incertezas del muestreo y el tamizado no fueron determinadas, pero pueden ser una fuente significativa de las diferencias arrojadas entre la medición realizada por el PST y la de las muestras.

						Bajo condiciones de operación de la planta. Incluye errores de muestreo y tamizado que pueden ser significativos
Tipo de Sitio y Mineral	Medición de interés	Rango de partícula de prueba (excluye eventos de roping)	Orientación del ciclón	Orientación de la tubería de overflow	R <sup>2</sup> de PST vs Muestreo	Desviación estándar (PST-Muestreo)
Cobre/Molibdeno en Mineral Porfídico	%+100# (% +150 micrones)	6,7 a 34,6 %+100#	Vertical	Vertical	0,803	4,45
Cobre, Oro y Plata en mineral porfídico	%+200# (%+74 micrones)	11,3 a 40,9 %+200#	Vertical	Vertical	0,964	2,19
Cobre en mineral porfídico	%+100# (%+150 micrones)	6,8 a 40,5 %+100#	Inclinado	Horizontal	0,860	2,70
Mineral de hierro con sílice	%+150# (% +106 micrones)	17,7 a 26,2 %+150#	Vertical	Vertical	0,968	0,50
Cobre en mineral porfídico	%+100# (% +150 micrones)	26,3 a 49,7 %+100#	Inclinado	Horizontal	0,930	1,97
Fosfato con sílice, mica y magnetita	%+100# (% +150 micrones)	5,2 a 27,4 %+100#	Levemente elevado de la vertical	Vertical	0,890	1,73
Oro en cuarzo, rocas metasedimentarias, metavolcánicas y metabasaltos	%+150# (% +106 micrones)	6,0 a 30,7 %+150#	Vertical	Vertical	0,870	2,36

## CONCLUSIÓN

La tecnología de medición de tamaño de partícula basada en el impacto acústico implementada por el CYCLONEtrac PST ha demostrado un excelente funcionamiento cuando se compara con los datos obtenidos a través del muestreo y tamizado para diversos tipos de mineral y distintos tipos de ciclones y sus orientaciones, configuraciones de tuberías de overflow y tamaños de partículas. Cuando se instala y calibra adecuadamente, los resultados del instrumento indican el tamaño de partícula, mientras que el efecto de otras influencias, como es el caso de la densidad del material, no pudo detectarse debido al nivel de incertezas que generalmente existen en el muestreo y tamizado. Las diferencias entre las mediciones realizadas por el PST y las de las muestras tamizadas son bastante bajas y se deben tanto al ruido de la medición y las incertezas de tamizado de las muestras. Estas leves diferencias entre los datos medidos y las referencias indican una buena precisión de la medición como queda evidenciado por los altos valores de  $R^2$  que alcanzaron y superaron un 0,8.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de los sitios mineros incluyendo su personal de mantenimiento, ingeniería, gerencia, administración y laboratorios metalúrgicos. En CiDRA, Daniel Charles y David Winkowski fueron fundamentales en el procesamiento de datos cuando se estaban realizando las pruebas. Susan McCullough contribuyó a la edición de este documento.

## REFERENCIAS

Cirulis, D; Dunford, S; Snyder, J; Bartsch, E; Rothman, P; Maron, R; Newton, D; O'Keefe, C; Mercuri, J (2015) 'Process Optimization Using Real-Time Tracking of Coarse Material in Individual Cyclone Overflow Streams,' *MetPlant 2015 7-8 September 2015, Perth, Western Australia*, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, pp 93-109

Outotec Oy (2009), Outotec Literature PSI 300 EN\_150109.pdf