

Smart Grinding

Soluciones para optimizar
su molienda

v1.11 ESP



Reach Optimum Stay Optimum

Con las soluciones de instrumentación y control avanzado de procesos OPTECS para el procesamiento de minerales

OPTECS es una empresa experta en el campo del control de procesos, el procesamiento de minerales y la IA. OPTECS desarrolla, comercializa y proporciona soluciones innovadoras e integradas de optimización de procesos para el sector de las materias primas. Utilizamos lo último en tecnología de control y medición, IA y ciencia de datos.

Desde su fundación en 2015, OPTECS se ha expandido globalmente y ha construido una red de clientes, socios y colaboradores en la Industria Minera. Nuestra misión es llevar la optimización de procesos, la eficiencia de recursos y la sostenibilidad a pequeñas y grandes entidades mineras de todo el mundo.

Ventajas de las soluciones OPTECS



**Supervisión y control
de procesos en
tiempo real**



**Optimización de
procesos**



Sostenibilidad



**Aumento de
la productividad**



**Beneficios
económicos**

Principales retos de la molienda



Fluctuaciones del proceso

Las características de la alimentación, como el tipo de mineral, la temperatura, la humedad y la distribución de tamaños, cambian continuamente, lo que provoca fluctuaciones en el proceso.



Rendimiento limitado

Los operadores suelen permanecer en la zona de seguridad y procesan por debajo del rendimiento óptimo, lo que provoca pérdidas de producción.



Sobrecarga del molino

La sobrecarga de los molinos es un problema habitual en las plantas, ya que obliga a parar la línea de producción. Cualquier parada innecesaria tiene un coste elevado.



Consumo específico de energía

Los molinos son los que más energía consumen en las plantas de procesamiento de minerales. Un pequeño porcentaje de mejora puede tener un impacto significativo en los costes operativos.



Falta de operadores experimentados

Cada vez es más difícil encontrar operadores cualificados, y la formación de nuevo personal es cara y requiere mucho tiempo.



Falta de integración de procesos

Los resultados de la molienda y la flotación están estrechamente relacionados, pero rara vez se integran. Esto supone una limitación para alcanzar un rendimiento óptimo de la planta.

Principales resultados

Gestión de las fluctuaciones del mineral

Factores como la dureza del mineral, la composición mineral, la temperatura y el contenido de humedad afectan al procesamiento del mineral. Las plantas deben ajustarse dinámicamente a estas variaciones para garantizar una liberación óptima sin un consumo excesivo de energía.



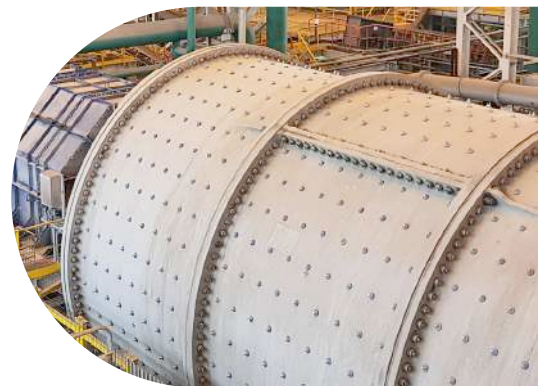
Control deficiente del tamaño de las partículas

Un control deficiente del tamaño de las partículas en las distintas etapas de un circuito de molienda puede dar lugar a una molienda excesiva o insuficiente que puede tener efectos indeseables en los procesos posteriores. Un P80 estrecho y estable es el objetivo general de cualquier circuito de molienda.



Funcionamiento inestable de los molinos

Los molinos son los principales consumidores de energía de un circuito de molienda y equipos críticos sin redundancia. Un funcionamiento inestable de los molinos puede provocar diversos problemas, como un rendimiento no óptimo, una molienda y una eficiencia energética ineficaces, paradas de los molinos y un mayor desgaste de los revestimientos y los medios de molienda.



Falta de instrumentación

Lo que no se puede medir no se puede controlar. La instrumentación es el primer paso hacia la optimización de los procesos. La información en tiempo real que proporcionan los instrumentos en línea, como los medidores de flujo y densidad, los analizadores de tamaño de partículas y los sistemas de monitorización de condiciones, ofrecen una toma de decisiones mejor y más informada para los operadores y soluciones avanzadas de control de procesos.



Control avanzado de procesos

Nuestra

Smart Grinding Controller



- **Inteligencia Artificial**
- **Solución modular**
- **Control autónomo de circuitos**
- **Fácil encendido y apagado**

La lógica difusa se une a la IA. SGC proporciona una solución de control de procesos Fuzzy Logic muy robusta y fiable que es lo suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios del proceso gracias al apoyo de la IA.

OPTECS Smart Grinding Controller es una solución modular que puede utilizarse para controlar grupos de equipos individuales - como alimentadores, molinos, o hidrociclones, o para el control de todo el circuito.

Cuando el SGC de OPTECS está activado, el sistema controla de forma autónoma el circuito de molienda, liberando tiempo y espacio para que el operador pueda centrarse en otras tareas.

Con sólo pulsar un interruptor, el operador puede activar o desactivar el SGC. Cuando se desactiva el SGC, la planta vuelve al control de procesos convencional a través del DCS.

Cómo funciona

OPTECS Smart Grinding Controller

Controlador de lógica difusa con IA y filosofía de control a medida. Instalado en servidor local o Cloud.



Conectado al DCS de la planta

El servidor SGC o Cloud se conecta al DCS cliente a través de OPC-UA, OPC-DA o Modbus. Se proporcionan conexiones y protocolos de comunicación seguros.



Lee datos en directo del DCS

Cada 2 segundos, el SGC lee datos en directo del DCS para todos los equipos e instrumentación conectados al DCS.



Calcula los set points óptimos

Nuestro controlador inteligente calculará los set points óptimos para todas las variables de control del proceso. Entre ellas se incluyen la velocidad de alimentación, la PSD de alimentación, el caudal de agua, la velocidad de rotación del molino, el número de ciclones en funcionamiento y la presión del hidrociclón.

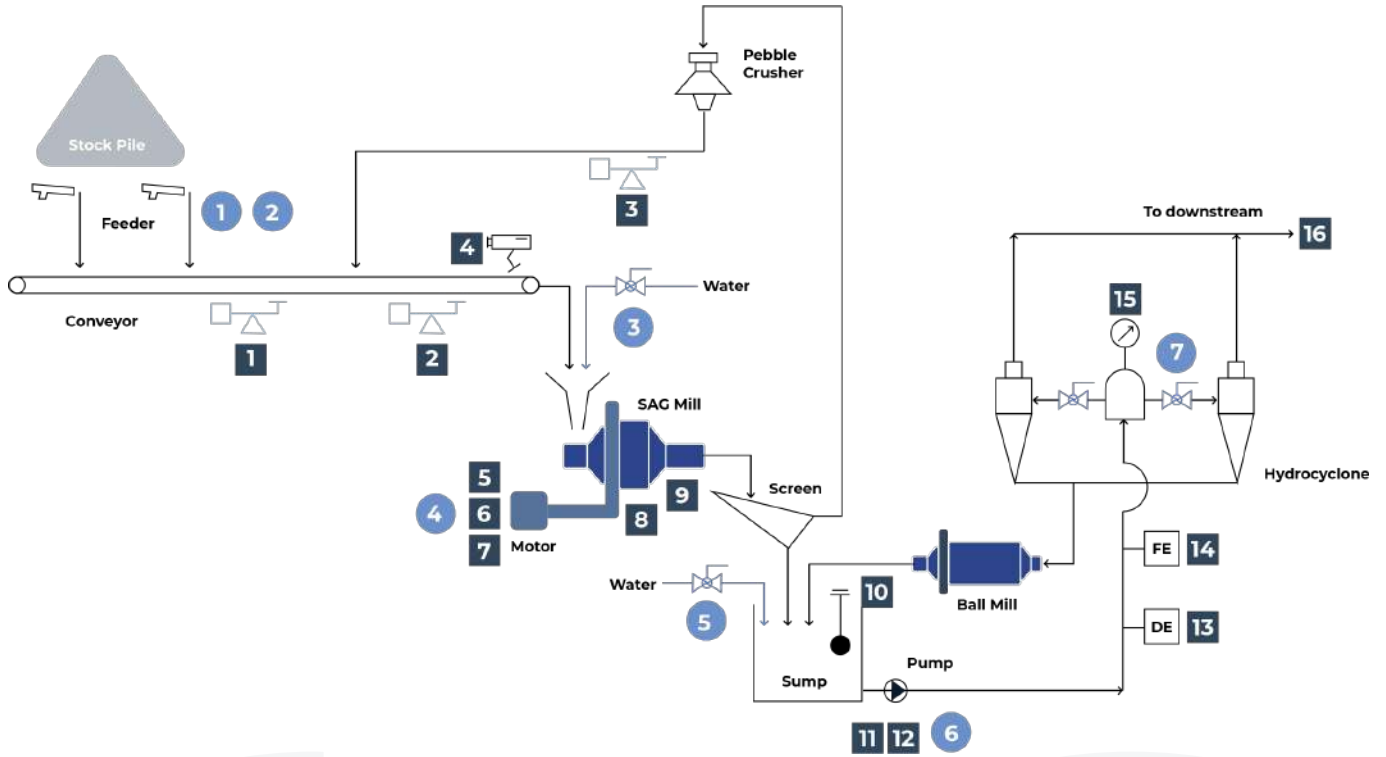


Devuelve los set points al DCS

Cada 2 segundos los set points son devueltos al DCS para su implementación. El DCS se encarga de enviar los set points a los PLC.



Ámbito de control



Variables de control

- 1 Velocidad del alimentador
- 2 Ratio de los alimentadores
- 3 Adición de agua al molino
- 4 Velocidad de rotación del molino
- 5 Dilución del slurry
- 6 Velocidad de bombeo
- 7 # de hidrociclones en operación

Variables de supervisión

-
- 1 Tasa de alimentación fresca
- 2 Tasa total de alimentación
- 3 Tasa de circulación
- 4 Distribución del tamaño de la alimentación
- 5 Potencia del motor
- 6 Par del motor
- 7 Corriente del motor
- 8 Presión de los rodamientos
- 9 Carga del molino
- 10 Nivel del sump
- 11 Potencia del motor de la bomba
- 12 Corriente del motor de la bomba
- 13 Densidad de alimentación del hidrociclón
- 14 Caudal de alimentación del hidrociclón
- 15 Presión del ciclón
- 16 Distribución del tamaño de las partículas del hidrociclón O/F

Propuesta única de venta



Autoaprendizaje y adaptativo

Gracias a la IA, nuestra solución es capaz de predecir los parámetros del proceso con hasta 15 minutos de anticipación, lo que permite a SGC tomar medidas en el momento oportuno.



Predictiva

La IA se encarga de calibrar el controlador de lógica difusa para garantizar un rendimiento óptimo en todo momento.



Autónoma

Nuestras soluciones APC controlan de manera autónoma los procesos de tratamiento de minerales, llevando a la planta a un nivel óptimo de rendimiento y eficiencia.

OPTECS
Smart
Controllers

*Pushing the boundaries
of industrial APC
solutions with the latest
in Artificial Intelligence
and Control Technology*

Referencias Cobre

Referencia 1

800 tph
Planta de
Cobre-Oro
Molino AG

Problemas comunicados

Funcionamiento
inestable del
molino AG



Sobrecarga
frecuente del
molino



Carga de
circulación
elevada



Causa raíz

Un análisis en profundidad de las operaciones del Cliente realizado por OPTECS reveló que los alimentadores de acopio no estaban bien calibrados y que no se tenían en cuenta los retardos del circuito, lo que provocaba una alimentación inestable del molino AG. Además, el APC existente no podía gestionar bien las fluctuaciones del proceso.

Solución

OPTECS implantó el Smart Grinding Controller con una estrategia de control de alimentadores y molino AG hecha a medida. El SGC consiguió estabilizar el circuito al tiempo que mejoraba el rendimiento y el consumo específico de energía.

Referencia 2

900 tph
Planta de
Cobre-Molibdeno
Molino SAG

Problemas comunicados

Bajo
rendimiento
del molino



Sobrecarga
frecuente del
molino



Alto consumo
específico de energía



Causa raíz

El análisis en profundidad de las operaciones del cliente realizado por OPTECS reveló que los operarios manejaban la línea de forma conservadora por debajo del rendimiento óptimo y no respondían bien y de forma coherente a las perturbaciones del proceso.

Solución

OPTECS implantó el Smart Grinding Controller con control de alimentador, molino SAG e hidrociclón, asumiendo el control total del circuito de molienda. El SGC consiguió aumentar el rendimiento, evitar la sobrecarga del molino y mejorar el consumo específico de energía del circuito.

Impacto en las operaciones de los clientes

	Referencia 1	Referencia 2	
	800 tph Planta de cobre-oro Molino AG	900 tph Planta de cobre-molibdeno Molino SAG	
	Referencia	Contra APC	Contra Operador
	Estabilidad del proceso	+31 % mejora	+44 % mejora
	Rendimiento	+1.3 % mejora	+6.6 % mejora
	Consumo específico de energía	2 % reducción	11 % reducción
	Beneficio anual	€15 M	€19 M

Nuestra solución de instrumentación

Laser 3D Vision

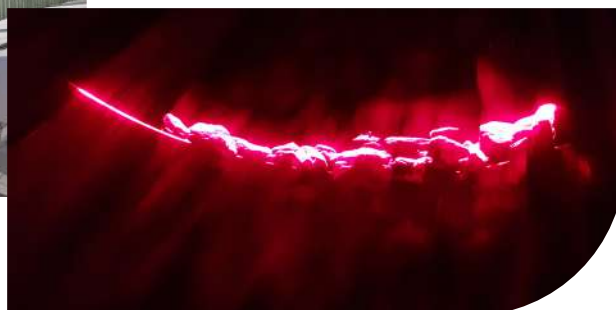
Analizador granulométrico para cintas transportadoras

Estabilice la alimentación de su molino mediante un mejor control de los alimentadores



Control del tamaño de las partículas

Especialmente en el caso de los molinos SAG y AG, es beneficioso que la alimentación del molino sea uniforme. La distribución granulométrica (PSD) de la alimentación del molino puede controlarse mediante alimentadores, con alimentadores situados centralmente debajo del acopio que suministran el material más fino y alimentadores situados periféricamente debajo del acopio que suministran el material más grueso. De este modo, la PSD puede controlarse mediante las velocidades y proporciones de los alimentadores centrales y periféricos.



Paso 1 Medir



Paso 2 Analizar



Paso 3 Optimizar

L3DV toma imágenes 3D de alta velocidad del mineral en la cinta transportadora.

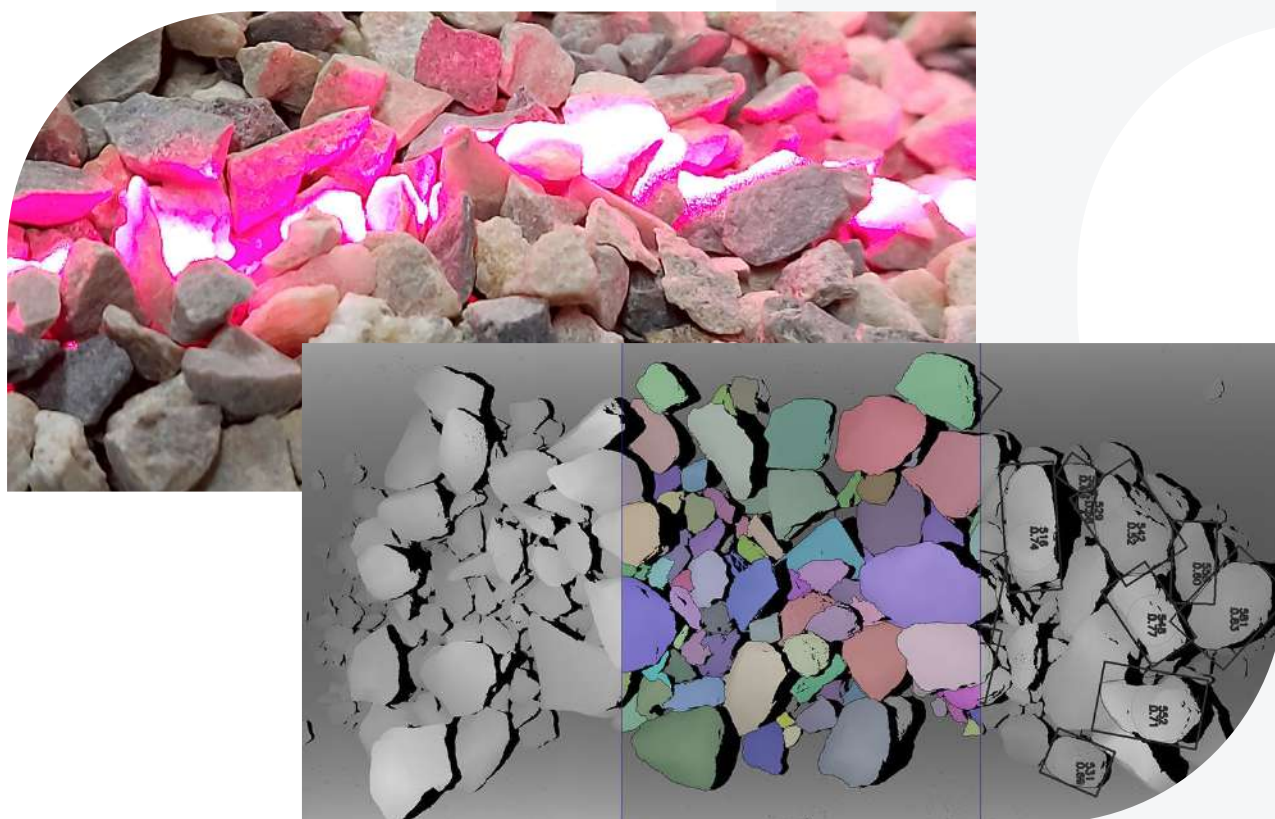
Las imágenes se analizan y segmentan para identificar partículas individuales. Se presentan las curvas y tendencias de la distribución granulométrica.

SGC supervisa la distribución granulométrica en tiempo real y las tendencias y, si es necesario, ajusta el control de los alimentadores para que la distribución granulométrica vuelva al régimen deseado.

Laser 3D Vision

Triangulación láser

La triangulación láser es una técnica muy eficaz para determinar la distribución granulométrica del mineral en las cintas transportadoras. Este método de medición sin contacto consiste en proyectar un rayo láser sobre el flujo de mineral en movimiento y captar la luz reflejada mediante una cámara situada en un ángulo conocido. Analizando el desplazamiento de la línea láser sobre la superficie del mineral, el sistema calcula las variaciones de altura y la forma tridimensional de las partículas individuales.



A continuación, algoritmos avanzados de procesamiento de imágenes evalúan la distribución de tamaños en tiempo real, proporcionando datos valiosos para la optimización del proceso. La triangulación láser permite supervisar continuamente el tamaño de las partículas sin interrumpir las operaciones, lo que garantiza una calidad constante de la alimentación de los molinos y los procesos posteriores.

Laser 3D Vision



Láser

L3DV utiliza triangulación láser e imágenes 3D para detectar y segmentar partículas. Esta tecnología es más precisa y fiable que los métodos convencionales de visión por ordenador.



Aplicable a cualquier tamaño y velocidad de cinta

Su elevada frecuencia de imagen permite realizar mediciones precisas hasta velocidades de cinta de 5 m/s. No hay pérdida de resolución en cintas más anchas.



Alta precisión

El tamaño mínimo de partícula detectable es de 0,5 mm y la precisión de las mediciones del tamaño de partícula es >95%.



Curvas de distribución granulométrica

Se proporcionan curvas y tendencias de distribución del tamaño de las partículas F20, F40, F60 y F80 en tiempo real, o curvas personalizadas según sus necesidades.



Detección de partículas de gran tamaño

Se acabaron las rampas bloqueadas y los daños a los equipos gracias a la detección de objetos de gran tamaño. Se envía una alerta al operador y el transportador se detiene automáticamente.

Sistema de supervisión de estado para molinos

Optimizar el funcionamiento de los molinos y proteger los revestimientos

Los molinos son vitales para las operaciones mineras, y su funcionamiento continuo es esencial. Cualquier interrupción -vibraciones anormales, impactos o averías- puede provocar costosos tiempos de inactividad. MillMetrics proporciona información valiosa sobre el funcionamiento de los molinos mediante el uso de acelerómetros en la carcasa del molino para controlar los niveles de vibración e impacto en tiempo real. Estos datos se envían al Smart Grinding Controller, lo que garantiza que el funcionamiento del molino siga siendo óptimo. Al detectar los problemas de forma proactiva, MillMetrics minimiza las interrupciones y maximiza el uso eficiente de los molinos.



MillMetrics



Mill Scan

Mediante la colocación estratégica de sensores alrededor del molino, MillMetrics proporciona una exploración completa de 360 grados, capturando datos desde todos los ángulos. Esta visión holística permite realizar diagnósticos precisos y garantiza la detección temprana de posibles problemas.



Posiciones de los dedos

MillMetrics supervisa las posiciones de los dedos de la carga del molino, proporcionando información crítica sobre la eficiencia de la molienda y la distribución de la carga. Esto garantiza un rendimiento óptimo y evita desgastes o daños innecesarios.



Carga de bolas

MillMetrics también mide y realiza un seguimiento de la carga de bolas, analizando estos factores, los operadores pueden optimizar los niveles de carga para mejorar la eficiencia de la molienda y reducir el consumo de energía.



- Sensor MEMS
- Señales de vibración en bruto
- Métricas de vibración calculadas
- Dimensiones reducidas, sin sensores ni antenas externas
- Diseño industrial resistente
- Alimentación autónoma (batería integrada)
- Transmisión inalámbrica de datos con encriptación
- Funcionamiento en banda ISM (Sub-1 GHz)
- Tolerancia a las interferencias electromagnéticas industriales

Beneficios



**Detección
de anomalías**



**Reducción del
desgaste de los
revestimientos**



**Uso optimizado
de medios de
molienda**



**Mayor tiempo de
funcionamiento
del molino**



**Ahorro en consumibles
y mantenimiento**

Photo-Optic PSA

Analizador granulométrico para pulpa
Estabilice la distribución del tamaño de sus productos



Control del tamaño de las partículas

El control preciso del tamaño de las partículas es una prioridad para cualquier planta de procesamiento de minerales. El analizador fotoóptico de tamaño de OPTECS utiliza microscopía fotoóptica in situ para detectar partículas. Las imágenes se toman cada pocos segundos y son analizadas y procesadas por el software. A continuación, el sistema proporciona curvas de distribución granulométrica, así como una distribución granulométrica mínima y máxima, que los APC pueden utilizar para controlar mejor los equipos y estabilizar el tamaño de las partículas.

Paso 1. Medición. POSA toma imágenes in situ de la pulpa.

Paso 2. Análisis. Las imágenes se analizan y segmentan para identificar partículas individuales. Se proporcionan curvas de distribución y tendencias.

Paso 3. Optimización. SGC supervisa en tiempo real la PSD y las tendencias y, si es necesario, ajusta la presión de los hidrociclones para garantizar que la clasificación se realiza dentro del régimen de tamaño de partícula deseado.

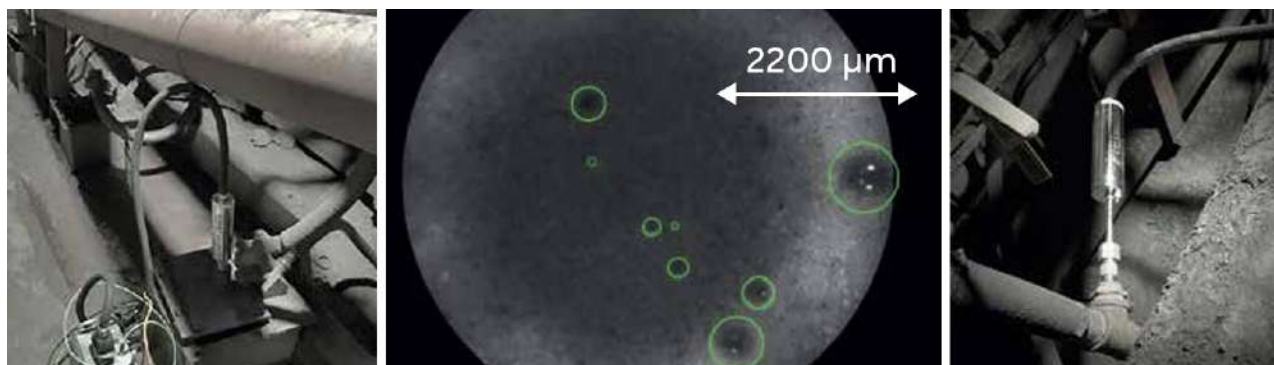


Photo-Optic PSA

- **In-situ**

Nuestra sonda in situ toma imágenes de alta velocidad directamente en la tubería principal de la pulpa. Sin necesidad de complejos muestreadores para extraer muestras físicas del circuito.

- **Diseñado para lodos muy abrasivos**

Las sondas tienen un tubo protector muy resistente al desgaste y un cabezal cerámico que protege el sensor fotoóptico incluso en las condiciones más abrasivas.

- **Robustez y fiabilidad**

Gracias a su sencillez, el analizador fotoóptico de tamaño OPTECS ofrece un elevado tiempo de funcionamiento con un mantenimiento y una reparación mínimos. La cerámica sólo debe sustituirse una vez al año y es un procedimiento sencillo y directo.

- **Preciso**

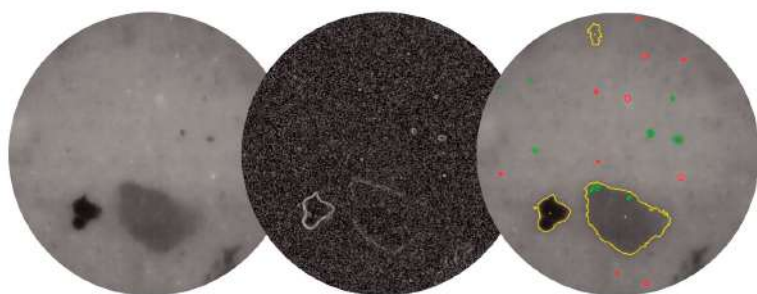
Mediciones precisas de la distribución del tamaño de las partículas disponibles todo momento. Adecuado para el rango de tamaño de partícula entre 1 y 1.200 μm . Precisión de las mediciones del tamaño de las partículas superior al 95 %.

- **Fácil de insertar y extraer**

Con compuerta de cuchillo la sonda puede introducirse y extraerse fácilmente para su limpieza y mantenimiento.

- **Identificación de partículas individuales**

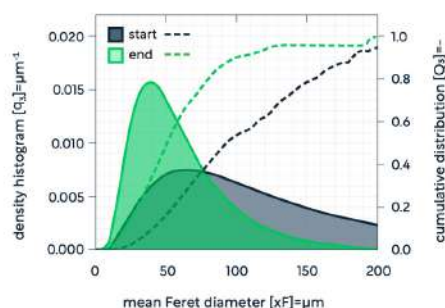
El sistema puede incluso partículas individuales como el oro.



1 Original picture

2 Prefilter, normalize

3 Object classification



4 Particle size distribution

Aplicaciones del Photo-Optic PSA

Hidrociclón O/F

Una de las aplicaciones más comunes de nuestro analizador fotoóptico de tamaño es en el O/F del hidrociclón. La salida del sistema ayudará a controlar la clasificación del hidrociclón y a estabilizar la PSD del sobreflujo.

Descarga del molino

Las mediciones de PSD en la descarga del molino proporcionarán información directa sobre la eficiencia de molienda del molino y detectarán condiciones como la sobremolienda o la submolienda.

Circuito Regrind

El sistema puede aplicarse en cualquier punto del circuito de trituración en el que se necesiten datos sobre el tamaño de las partículas.

Otros flujos

En cualquier otro flujo en el que se necesiten lecturas en tiempo real de la distribución granulométrica, nuestro PSA fotoóptico puede aportar valor añadido.



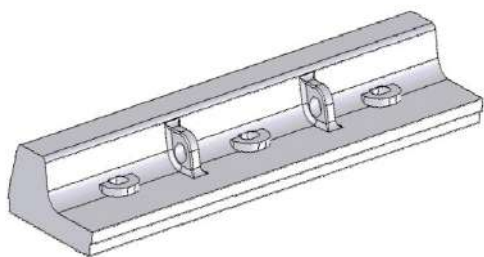
Nuestra solución

3D Mill Liner Modelling

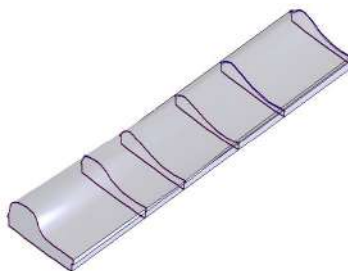
Estimación en tiempo real del desgaste de los revestimientos

Optimizar el funcionamiento de los molinos y proteger los revestimientos

La herramienta de modelado 3D de revestimientos de molinos combina modelos de desgaste de revestimientos y datos operativos para estimar en tiempo real el perfil de desgaste de los revestimientos. Esto se hace en tres dimensiones a lo largo del radio y la longitud del molino. El sistema calibra automáticamente el peso del molino en función del desgaste del revestimiento.



Nuevo revestimiento del
molino SAG
(peso = 1200 kg)



Revestimiento desgastado
(horas de funcionamiento = 5348,
tonelaje procesado = 4.800.000 ton)

Beneficios

- Supervisión en línea de revestimientos de molinos
- Peso del revestimiento en línea
- Forma 3D de los revestimientos del molino en línea
- Rendimiento más preciso del módulo de control del molino SGC
- Tiempo estimado restante para la sustitución del revestimiento
- Patrón de desgaste de los revestimientos de molinos

Servicios y asistencia



**Garantía ampliada
& Servicios posventa**



**Servicio y
asistencia local**



**Piezas de repuesto y
Mantenimiento**

Nuestros socios regionales



Servicios de consultoría

AI Blueprint

Un camino práctico hacia operaciones más inteligentes

Nuestro servicio AI Blueprint está diseñado para ayudar a su empresa a identificar oportunidades de IA que no solo sean innovadoras, sino también viables y tengan impacto. Creemos que un enfoque reflexivo y estratégico, basado en una comprensión clara tanto de las capacidades como de las limitaciones de la IA, es fundamental para lograr un éxito sostenible. No prometemos magia; ofrecemos experiencia y una hoja de ruta realista.

- 1 Desmitificar la IA: comprender las capacidades y limitaciones
- 2 Identifica los retos operativos críticos
- 3 Evaluar la preparación de los datos
- 4 Priorizar los proyectos de gran impacto y viabilidad
- 5 Definir objetivos claros, planes de proyecto e indicadores de éxito
- 6 Ejecutar, evaluar e iterar
- 7 Abordar las consideraciones éticas

Let's Build a Smarter, More Efficient Mining Future, Together.

Nuestras soluciones de molienda inteligente están diseñadas para ayudar a que sus operaciones alcancen el máximo rendimiento, eficiencia y sostenibilidad. Aprovechando la tecnología avanzada y la experiencia en el sector, optimizamos el rendimiento de la molienda al tiempo que reducimos el consumo de energía y los costes operativos. Nuestro enfoque personalizado garantiza una integración perfecta con sus procesos actuales, mejorando la productividad y la eficiencia de los recursos. Asóciase con nosotros para liberar todo el potencial de sus operaciones de molienda e impulsar el éxito a largo plazo.



+31(0)15 364 91 98
info@optecs.nl
www.optecs.nl