



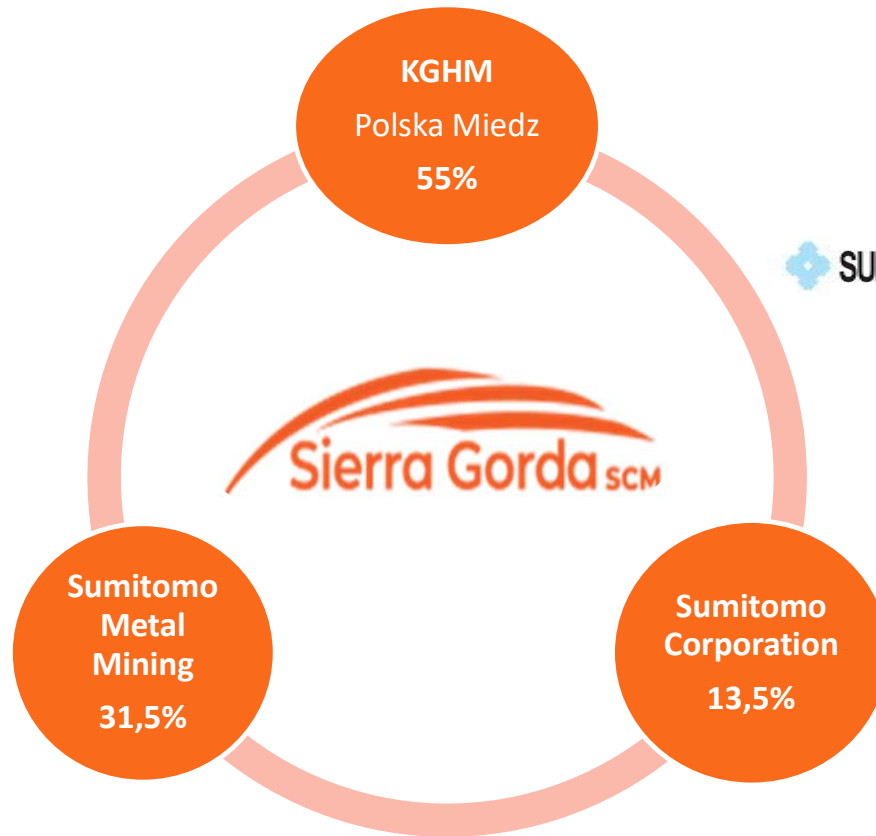
WEBINAR DE CONMINUCIÓN

**HPGR: Tecnología que se abre camino en
minerales de cobre**

Con el gentil auspicio de: **MOLYCOP**



Accionistas SGSCM



- ✓ Se inauguró en el cuarto trimestre de 2014
- ✓ Inversión US\$ 4.200 millones



- KGHM Polska Miedz, productor mundial de cobre y plata.

 SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.

- Sumitomo Metal Mining es el tercer productor mundial de cobre.



- Sumitomo Corporation está dedicada al marketing de productos.



Diagrama Bloques SGSCM

Sierra Gorda SCM

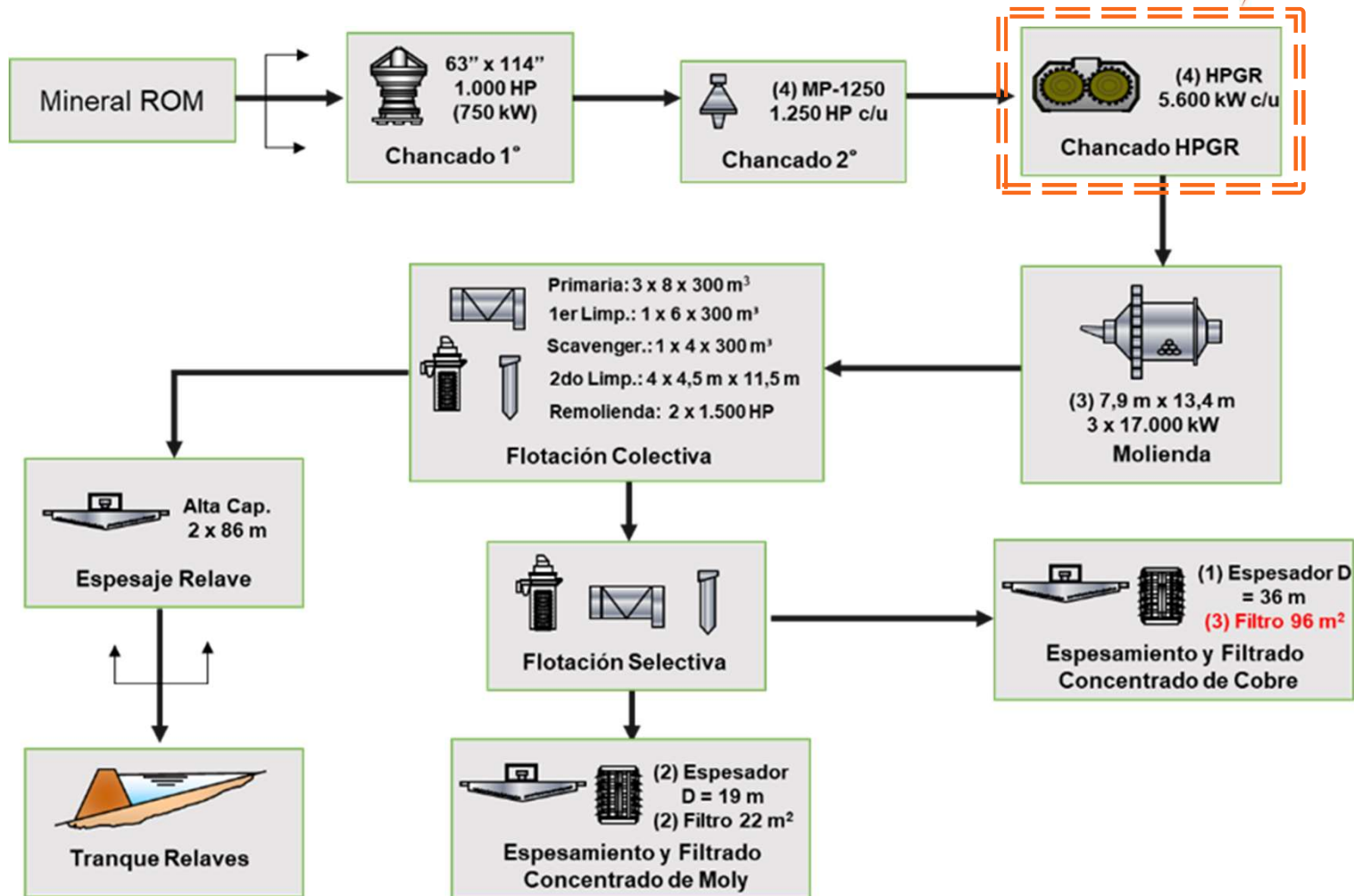
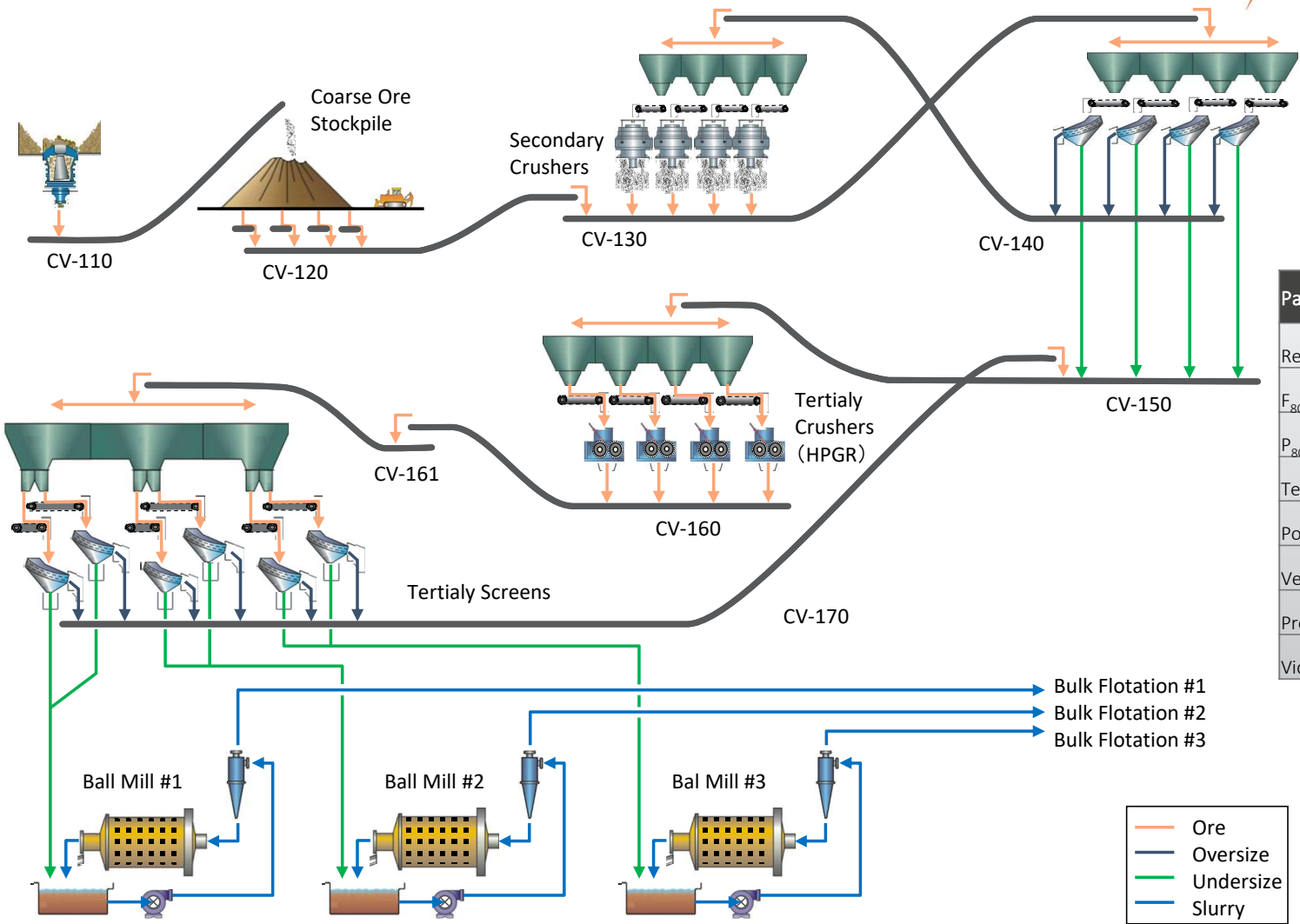


Diagrama Flujos SGSCM – Área Seca



Capacidad Diseño
110 Kton/dia

Parámetro	Rango	Unidad
Rendimiento por HPGR	2776	tph
F ₈₀ HPGR	30	mm
P ₈₀ HPGR	9-15	mm
Temperatura HPGR	<78	°C
Potencia HPGR maxima	2800	kW
Velocidad HPGR maxima	25,9	rpm
Presion HPGR	1740-2392	PSI
Vida revest. HPGR	5000-6000	h

Introducción - H P G R (High Pressure Grinding Rod)



La aplicación de la tecnología HPGR, fue el resultado de los estudios realizados por el profesor **Klaus Schönert** a fines de los años 70's y comienzo 80's.

- ✓ El **Dr. Shöenert** encontró que cuando la presión aumentaba en estos molinos se incrementaba la proporción de finos, y el mejoramiento en la eficiencia energética se producía debido a un mecanismo de compresión por capas y a la ruptura inter-partículas.
- ✓ La principal característica de los molinos HPGR consiste en **comprimir las partículas entre los rodillos** y el procedimiento principal de molienda tiene lugar por la ruptura entre las partículas del material dentro del lecho (ruptura inter-partículas).
- ✓ Durante el proceso de conminución con HPGR **se generan micro-fisuras** dentro de las partículas, lo que da como resultado el debilitamiento de las partículas, disminuyendo el work index de la siguiente etapa de conminución que normalmente es la molienda de bolas.
- ✓ Actualmente es normal que en un proyecto minero se realice un estudio técnico-económico que considere alternativas de circuitos con molienda SAG y/o tecnología HPGR.
- ✓ En general, la molienda con HPGR se aplica en minerales que presentan un alto consumo de energía específica (CEE).
- ✓ El uso de la tecnología HPGR está limitada por el tamaño de la alimentación (50 mm), razón por la cual opera en una etapa de chancado terciario o de chancado cuaternario, generando un material más fino al circuito de molienda.

Equipos Instalados

Ranking	Country	Quantity	Ranking	Country	Quantity	Ranking	Country	Quantity
1	India	45	12	Spain	8	18	Austria	2
2	Germany	31	13	Canada	7	18	Bangladesh	2
3	Peru	27	14	Philippines	6	18	Greece	2
3	Brazil	27	14	Great Britain	6	18	Lebanon	2
4	Turkey	19	14	Malaysia	6	18	Arab Emirates	2
5	Australia	17	15	Chile	5	19	Czech Republic	1
5	USA	17	15	Iran	5	19	Ecuador	1
6	South Africa	16	16	Russia	4	19	Luxembourg	1
7	China	15	17	Argentina	3	19	Mauritania	1
7	Thailand	15	17	Belgium	3	19	Netherlands	1
8	Mexico	13	17	Finland	3	19	Norway	1
9	Botswana	12	17	France	3	19	Portugal	1
9	South Korea	12	17	Indonesia	3	19	Sri Lanka	1
10	Italy	11	17	Kazakhstan	3	19	Switzerland	1
11	Japan	9	17	Sweden	3	19	Venezuela	1
12	Saudi Arabia	8	17	Taiwan	3		In total	385



Mejoras en el diseño y la tecnología de reducción del desgaste combinadas con los crecientes costos de energía y medios de acero están haciendo que los rodillos de molienda de alta presión (HPGR) sean cada vez más atractivos para las aplicaciones de mineral de baja ley y alta dureza en relación con el molino SAG.

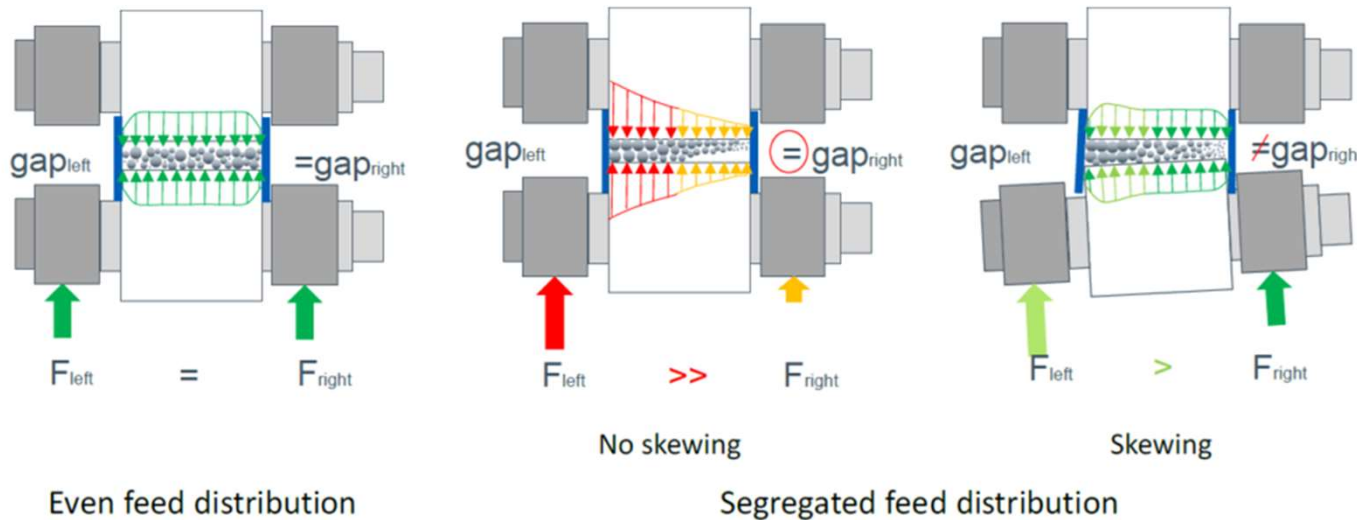
Desafortunadamente, los **beneficios metalúrgicos del HPGR** no se persiguieron agresivamente en la década de 1990 cuando se descubrió que las tasas de desgaste y la disponibilidad operativa presentaban desafíos en el tratamiento de menas de alto BWi utilizando los diseños de HPGR disponibles en ese momento

HPGR componentes

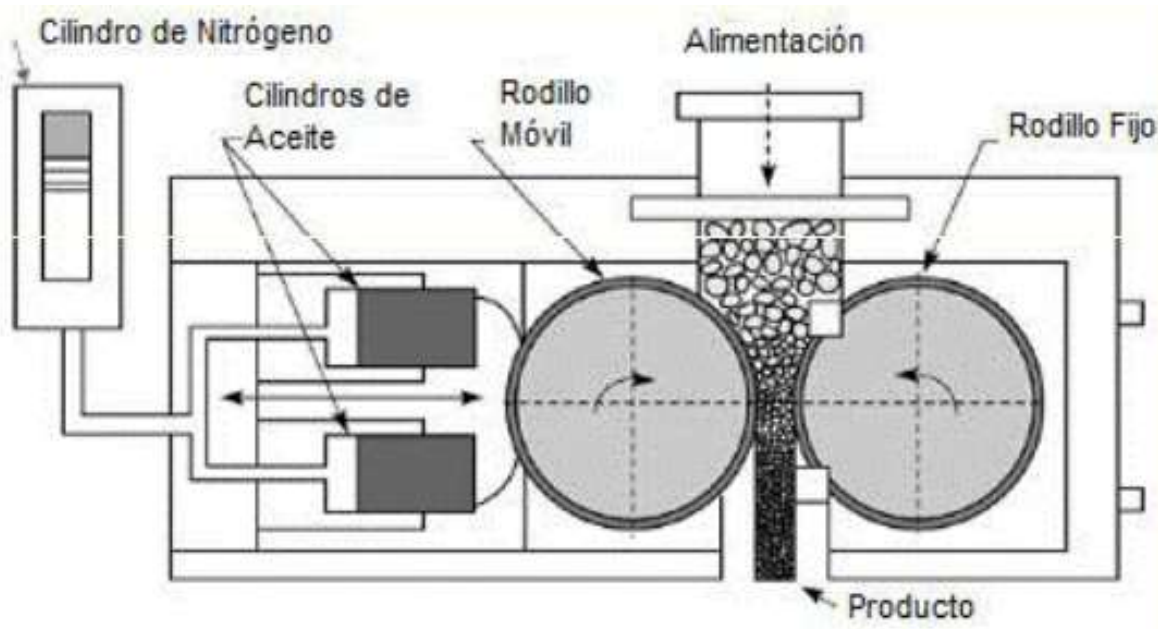


El HPGR consta de dos rodillos accionados por motores separados. Los rodillos giran en direcciones opuestas y descansan en un sistema de rodamientos sobre un marco.

- ✓ La característica que define la geometría de los rodillos es la razón Largo/Diámetro (L/D). Dependiendo de esta razón se observan distintas características en la operación y diseño de los equipos.
- ✓ En los rodillos de razones $L/D < 1$ se ejercen torques de altas magnitudes, lo que se traduce en una mayor potencia requerida.
- ✓ En los rodillos de razones $L/D > 1$ se deben utilizar rodamientos que posean un sistema de corrección del desalineamiento del rodillo móvil.



Funcionamiento H P G R

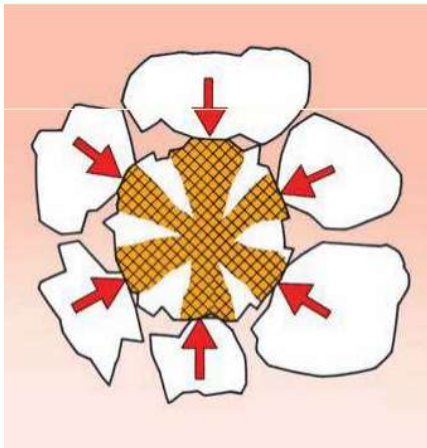
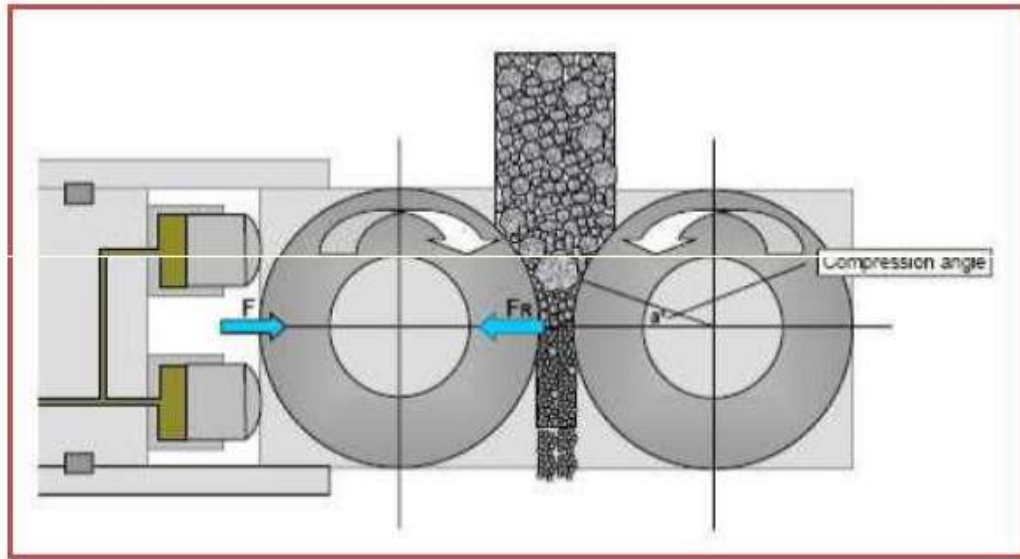


- ✓ Mediante un sistema hidro-neumático se aplica presión (50 - 150 bar) a uno de los rodillos, mientras que el otro rodillo se mantiene en una posición fija dentro del marco.
- ✓ El rendimiento de trituración es en gran parte determinada por la presión ejercida por el sistema hidráulico en el rodillo flotante.
- ✓ El constante choque de los rodillos se amortigua mediante un set de acumuladores de nitrógeno que se instala detrás del rodillo flotante, produciéndose de este modo una operación suave.

En HPGR, las partículas se rompen por compresión en una base de partículas empaquetadas creada entre los rodillos.

- ✓ La base de partículas es presionada entre los rodillos hasta alcanzar una densidad aparente del orden de 85% a 90% de la densidad real del material.
- ✓ Durante este proceso de compactado el material es triturado en una amplia variedad de tamaños de partículas a medida que avanza por las zonas de molienda dentro del HPGR.

Fragmentación de Partículas - Microfracturas



- ✓ El material del lecho se tritura por un mecanismo de ruptura inter-partícula. Es decir, las partículas son reducidas de tamaño por fuerzas de compresión entre ellas.
- ✓ La ruptura inter-partícula se diferencia claramente de la ruptura por compresión de una sola partícula, que es lo que ocurre entre las superficies de un chancador convencional.
- ✓ La ruptura de partículas individuales en los HPGR no es recomendable ya que puede incrementar el desgaste de la superficie del rodillo, provocando daños a la superficie autógena de desgaste.
- ✓ Es por ello que en los molinos HPGR se debe evitar el triturado de partículas individuales y realizar una molienda por compresión del material en el lecho de partículas (ruptura inter-partículas).

Fragmentación de Partículas - Microfracturas



Generación de micro - fractura



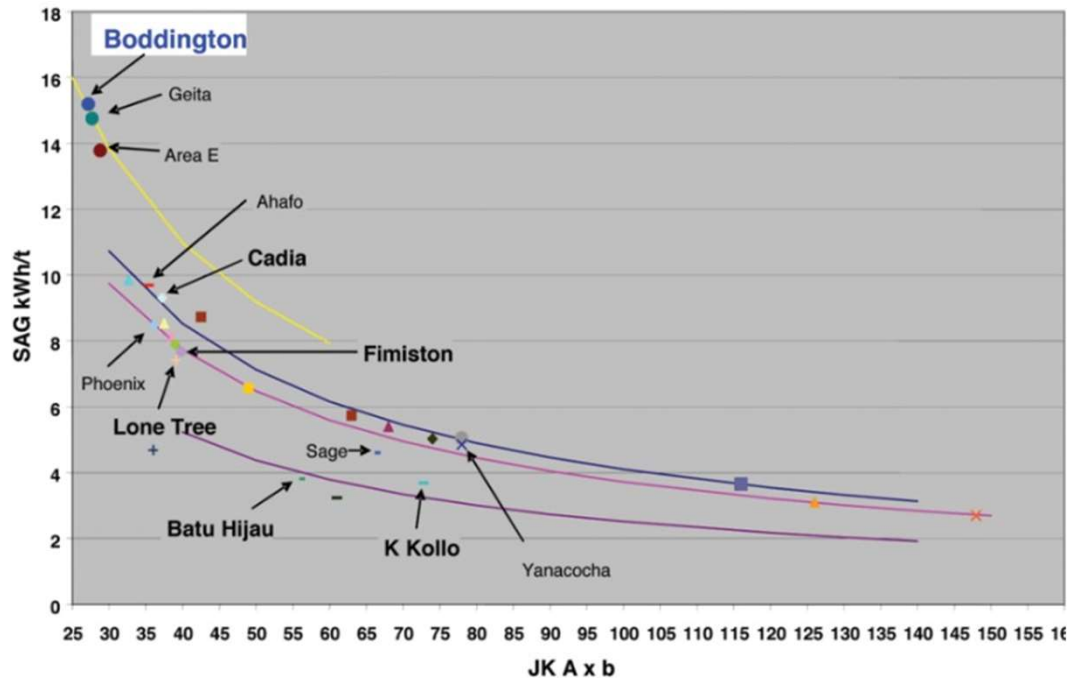
Reducción en la dureza

Muestra	Modelo bloque Bwi (KWh/t)	Producto HPGR Bwi (KWh/t)	% Reducción
1	16.6	16.0	3.6
2	16.7	14.7	11.7
3	17.1	16.2	5.3
4	17.3	15.9	8.1

HPGR vs Molienda SAG



Operating and Design SAG MILLS kWh/t vs JK A x b



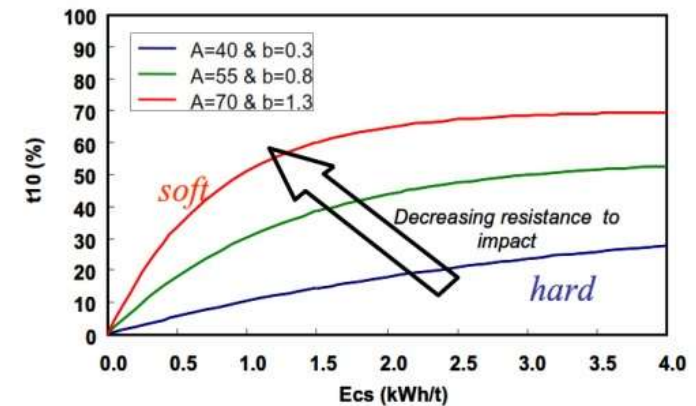
Newmont Mining

Para proyectos nuevos, se debe hacer la evacuación mediante “prueba de caída de peso JK” para la factibilidad de HPGR.

La competencia del mineral, medida por el parámetro JK A x b, es el mejor indicador preliminar de la idoneidad del HPGR (en el sentido de la economía del proyecto).

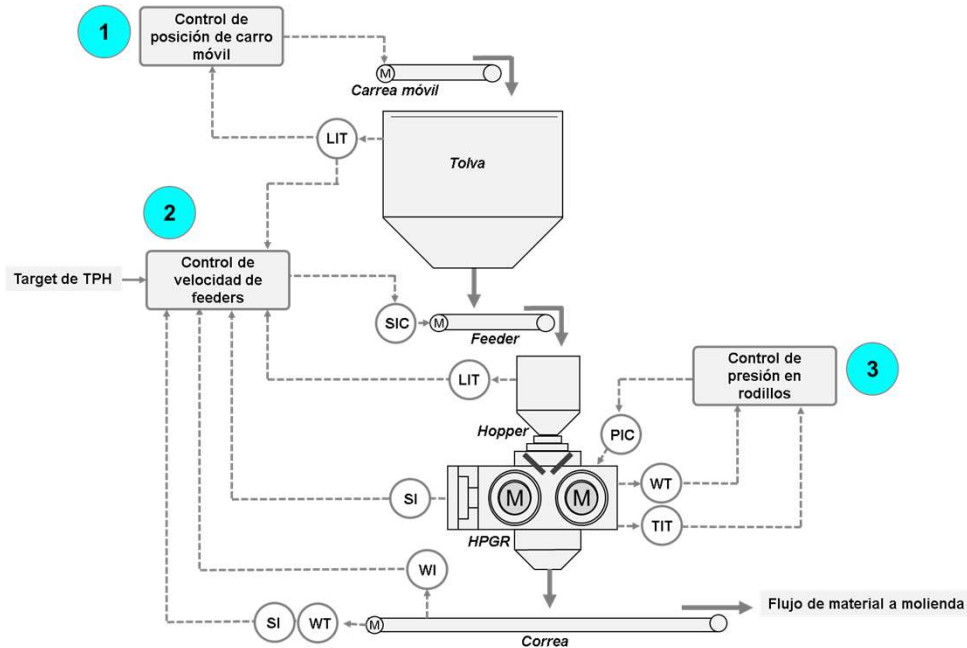
La energía específica de Molienda SAG aumenta exponencialmente a medida que disminuye el valor A x b (mineral más competente), y HPGR se vuelve progresivamente más atractivo a medida que el valor A x b disminuye por debajo de aproximadamente 35-40.

Por encima de este punto, es probable que la molienda SAG sea la más viable



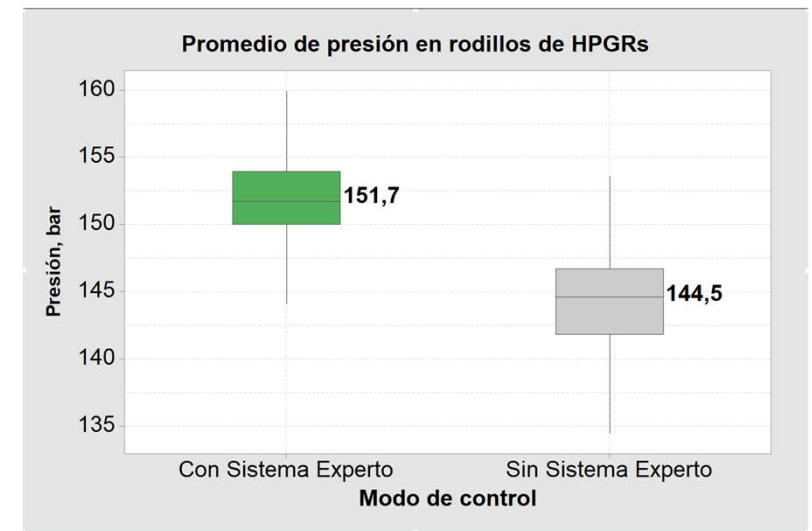
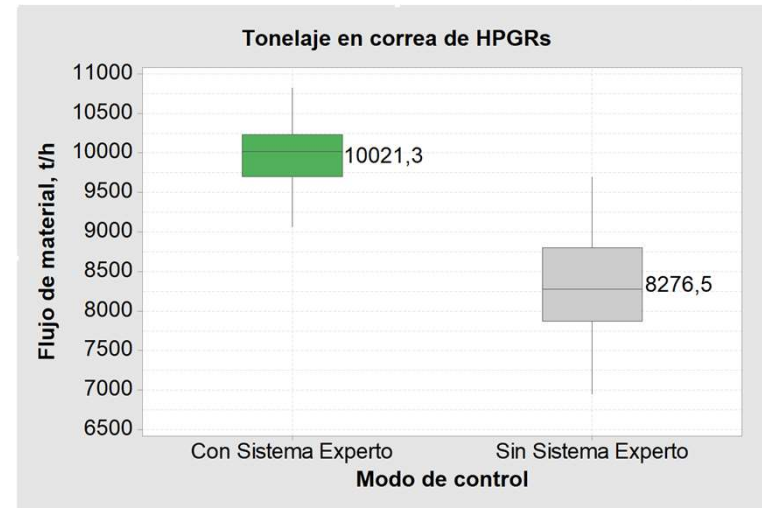
Un valor Axb bajo es mas duro, necesita mas CEE por ende HPGR es la alternativa

HPGR – Instrumentación y Control



La lógica del paralelismo trabajan en disminuir la variabilidad mejorando el performance y la vida útil de los rodillos.

- Aumentar la presión del lado que se está abriendo cuando aumenta el skew, respecto de la lógica original le quitaba presión al lado cerrado para el mismo caso



Ventajas de H P G R



❖ Reducción de costos de operación

- ✓ Producto del uso eficiente de la energía en el mecanismo de ruptura y en la reducción del Work Index de la molienda con bolas, debido a la generación de micro-fracturas. También con esta tecnología se elimina el gasto de medios de molienda que se tiene en la molienda SAG.

❖ Distribución de tamaños amplia y con mayor cantidad de partículas finas

- ✓ El HPGR produce una distribución de tamaño de partículas más amplia, y con una mayor cantidad de partículas finas, que la distribución producida por un triturador terciario (por ejemplo, un chancador de cono)

❖ Creación de micro-fisuras en las partículas

❖ Disminución del Work Index en las etapas posteriores de molienda con bolas.

❖ Tratamiento de minerales con un cierto grado de humedad.

❖ Bajo consumo específico de energía.

❖ Menor sensibilidad a la variación del mineral (Bwi) y abrasivos con tasas de desgaste aceptables y una alta disponibilidad operacional.

❖ Mejores rendimientos en el tratamiento del mineral.

❖ Disminuir el consumo de partes de desgaste en la trituración convencional.

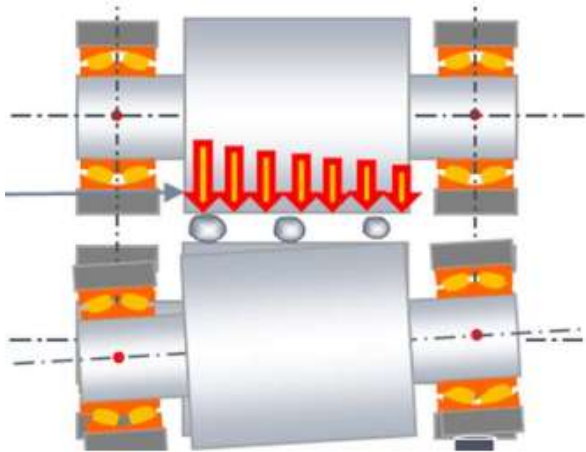
Desventajas de H P G R



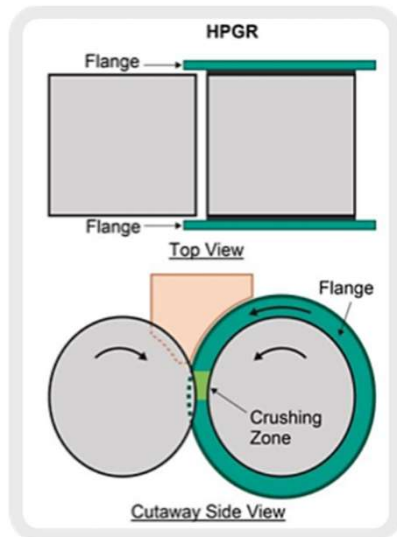
- ❖ Mayores costos de capital - Circuitos más complejos.
 - ✓ En circuitos con HPGR hay dos etapas más de chancado, después está el manejo de materiales y las instalaciones que en general son un poco más grandes que las del molino SAG (aumento de puntos de fallas por correas y carros).
 - ✓ El HPGR está limitado por el tamaño de la alimentación (50 mm), razón por la cual opera en una etapa de chancado terciario o etapa cuaternaria
- ❖ Complejidad del sistema de transporte del mineral
- ❖ Humedad muy alta en la alimentación.
- ❖ Incapacidad para manejar minerales arcillosos pegajosos.



Próximos Desafíos



- Aumente el rendimiento específico de HPGR al 15-20%
- Aumentar la utilización del equipo (eliminando el efecto de sesgo)
- Aumenta la vida útil del rollo
- Incrementar los finos del producto, reducir el P80 (conduce a mejoras posteriores, p. Ej. Molinos de bolas)
- Mejora de kWh / Ton en aproximadamente un 8 a 10%



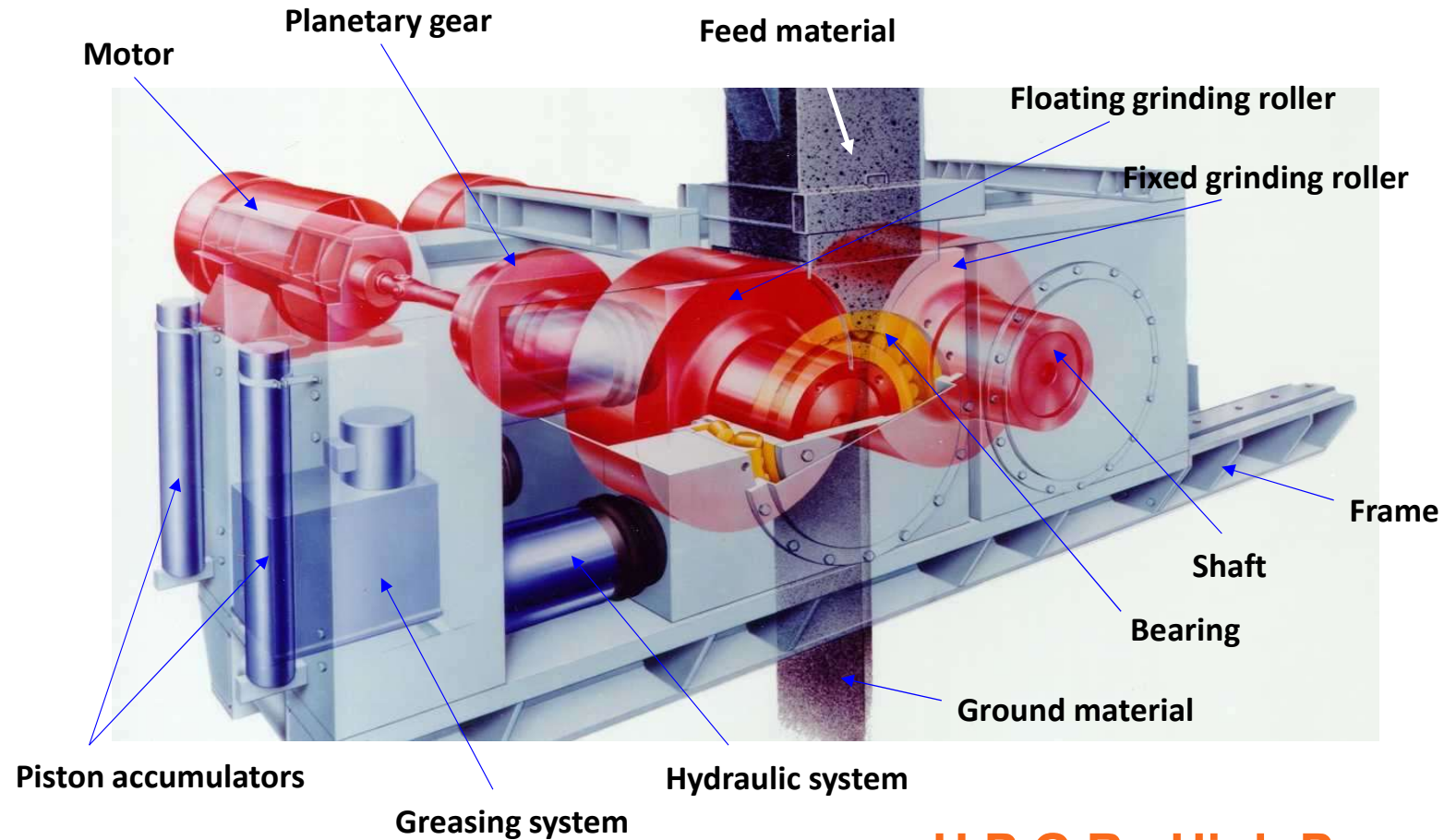


MUCHAS GRACIAS

Con el gentil auspicio de: **MOLYCOP**



HPGR componentes



H P G R : High Pressure Grinding Rod