

VII SEMINARIO DE MEDIANA MINERÍA MEDMIN 2012

DESAFÍOS TECNOLÓGICOS APLICADOS A LA MEDIANA MINERÍA

Juan Rayo P.
Santiago, 07 de agosto de 2012

- **ESTADO DE AVANCE DE LA TECNOLOGÍA**
- **COMPARACIÓN CON GRAN MINERÍA**
- **LOS 10 DESAFÍOS TECNOLÓGICOS MÁS RELEVANTES**
- **¿CÓMO DEBE MODERNIZARSE LA MEDIANA MINERÍA?**

La Tecnología Minera Actual (Medianas y Grandes)

- La esencia de los procesos minero-metalúrgicos se mantiene
- El control de procesos en línea es cada día más eficaz
- La remotización/robotización será una realidad pronto
- Hay mejoras sustanciales en reducción de consumo de agua
- Las energías renovables son una oportunidad creciente
- Las ofertas de equipos mineros son cada vez más amplias y especializadas
- Los capex de proyectos son cada vez mayores
- Los precios de los metales están en un largo ciclo de bonanza
- Los opex crecen a menor ritmo que los capex

Comparación según Nivel de Tratamiento

	Mediana Minería	Gran Minería
Vida yacimientos (años)	-5 a 12 (10)	10 a 50+ (25)
Ritmo explotación (KTPD)	1 a 30 (5)	50 a 240 (100)
Leyes Mineral (CuT%)	0.8 a 2.0 (1.2)	0.4 a 1.2 (0.7)
Sub-Productos Comerciales	Escasos (Au, Ag)	Múltiples (Au, Ag, Mo, Py, Fe, otros)
Nivel de Productividad (Tfa/dotación)	Baja/mediana	Mediana/alta
Consumos y costos Unitarios (energía/agua)	Similar	Similar
Problemática ambiental y comunitaria	Creciente Suave	Creciente Fuerte

Desafíos Tecnológicos en Mediana Minería

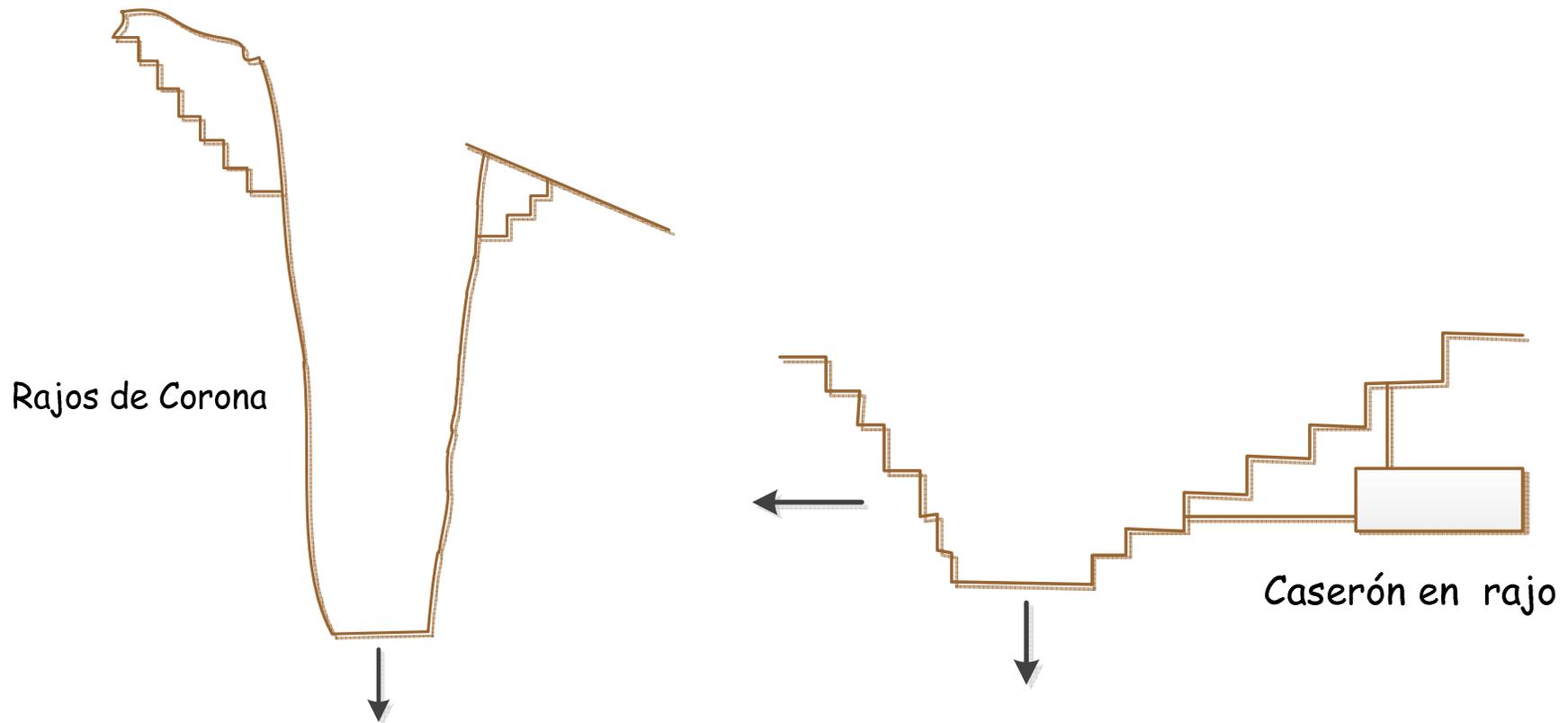
A continuación se listan los **10 desafíos tecnológicos** que, a juicio del expositor, pueden ser aplicados en la mediana minería.

D1. Explotación Exhaustiva de Sub-productos

- Au > 0.05 g/t (tests de optimización/ajustes de reactivos)
- Ag > 2 g/t (tests de optimización / ajustes de reactivos)
- Mo > 70 ppm (planta flotación selectiva)
- Py > 1% (flotación selectiva parcial / tostación)
- Fe (mag) > 5% (separación magnética / flotación)
- Otros sub-productos (análisis exhaustivo de trazas)

La minería del futuro requerirá de análisis geo-metalúrgicos muy frecuentes para tomar las mejores decisiones operacionales posibles.

D2. Compatibilización Rajo-Subterránea



El desarrollo **integrado rajo-subterráneo** mejora sustancialmente el negocio

D3. Optimización en Mina Subterránea

- Pisos, techos, pilares mineralizados constituye 10 a 30% del recurso.
- Relleno con relaves cementados permite una recuperación sobre el 80% del remanente:
 - ✓ Relaves clasificados/espesados (fracción arenosa)
 - ✓ Adición de cemento de baja calidad (4 a 7%)
 - ✓ Relleno como pulpa cementada en forma controlada
 - ✓ Relleno curado alcanza resistencia adecuada
 - ✓ Costos razonables de preparación y manejo
 - ✓ Mezcla de pulpa cementada con estériles reduce el consumo de cemento

Negocio global es conveniente (+IbCu/-Relaves)

D4. Simulación Procesos – Eliminación Cuellos de Botella

La concatenación de eventos impide las producciones nominales de cada una de las etapas de Proceso. El modelamiento matemático permite simular la operación real:

- Colección exhaustiva de datos operacionales (2 años)
- Énfasis en perturbaciones, no disponibilidad, restricciones
- Modelación del complejo mina-transporte-acopio-plantas
- Simulación matemática (softwares) hasta ajustar resultados con realidad
- Detectar en modelo las restricciones más relevantes
- Ajustes en el modelo de los cambios de operaciones específicas (mejor mantención, más acopios, repotenciamiento de algunos equipos, etc.)
- Evaluación económica de los ajustes más atractivos

En 2 casos industriales se puede aumentar el tratamiento global en más de 10% con inversiones marginales

D5. Expansiones Optimizadas a Chancado-Molienda

- Las plantas pueden crecer al triple de capacidad si se adiciona un molino SAG adecuado
- Las plantas de chancado fino molienda barras-bolas pueden ser adecuadas para tratar pebbles de molienda SAG.



D6. Compatibilización de Procesos Hidro/ Concentración

- Los yacimientos son más rentables si aplicamos adecuada y oportunamente ambos conceptos
- Los cuerpos sulfurados (flotables) son siempre más rentables que los lixiviables (óxidos/mixtos)
- La explotación de óxidos puede ser más rápida que el tratamiento en planta (stock de ROM) para anticipar llegar a sulfuros en forma temprana
- Las colas de flotación pueden ser lixiviadas por agitación para recuperar óxidos no flotables y los ripios de lixiviación pueden ser molidos y flotados
- Los sulfuros de baja ley pueden ser lixiviables en botaderos
- Las soluciones de PLS pueden producir sulfuros artificiales

La pugna histórica de procesistas debe concluir...

D7. Control Metalúrgico en Línea

El control metalúrgico en línea permite definir un balance metalúrgico cuasi instantáneo y determina tendencias en caso de anomalías geometalúrgicas o perturbaciones de procesos.

- Control mínimo de 5 puntos en una planta (varias tecnologías)
- Válida para cualquier planta que produzca más de 10 KTFA
- Para que sea efectivo es necesario un cambio cultural en operadores y mantenedores
- Tiende a evitar las malas prácticas y esconder eventos, permitiendo ajustes rápidos.

Permite aumentar recuperación 1 a 2% anuales, en especial detectando las perturbaciones y tomando acciones correctivas (mejor control del dueño)

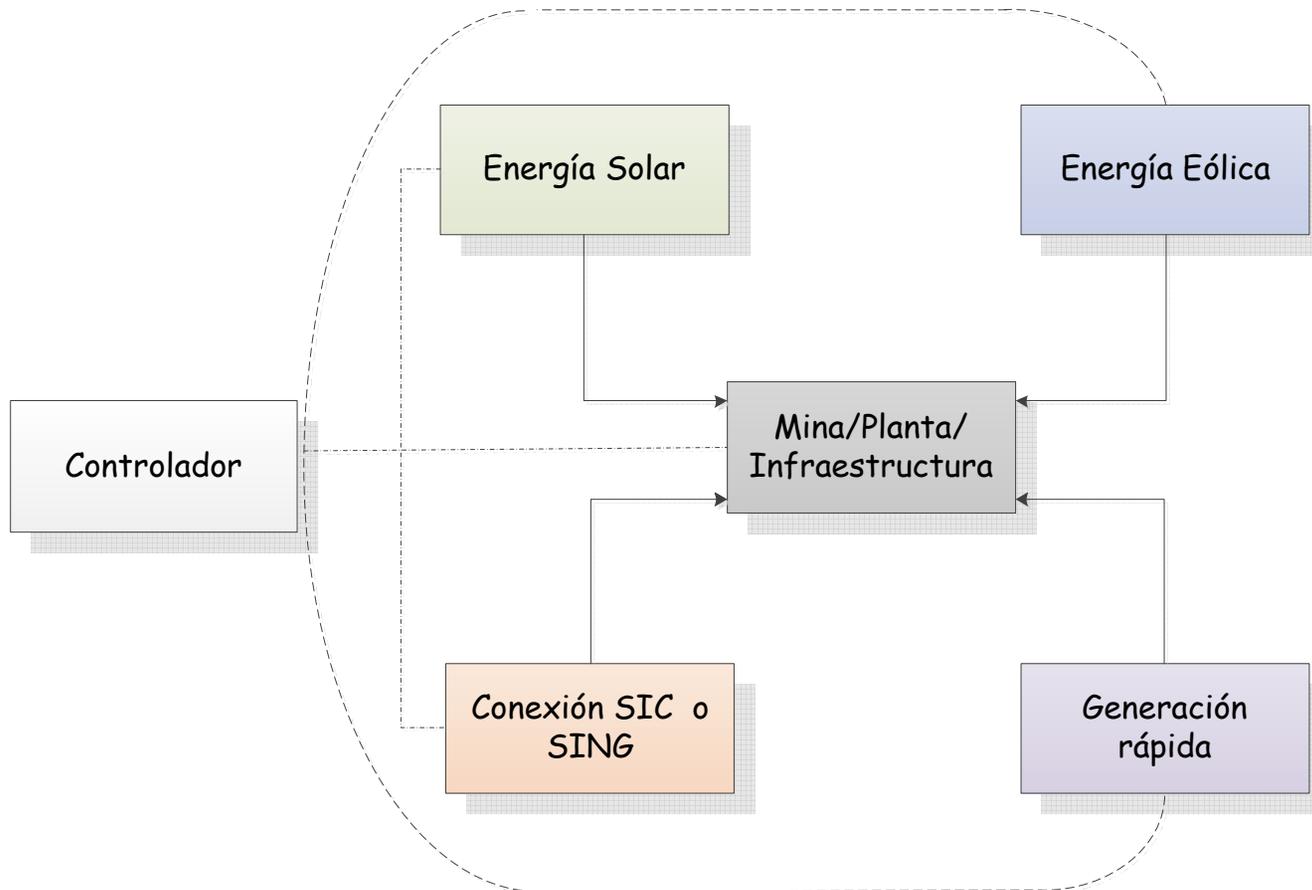
Opciones de depósito de relaves

- Depósitos convencionales (barato y riesgoso)
(muro arenas)
- Depósito convencional (caro y simple)
(muro de tierra)
- Depósitos especiales (complejos y eficaces)
(rajos, caserones o estériles)
- Relave en pasta (complejo pero eficaz)
(espesadores HD y bombeo relaves muy espesos)
- Relave filtrado (eficaz y caro)
(humedades /presiones – correas)
- Separación arenas – lamas (no probado)
(torta y embalses)

Hay que definir caso a caso el óptimo

D9. Grilla de Suministro Energéticos

- Alto costo y oferta reducida de energía en muchos lugares de Chile
- Grilla de suministro alternativo de energía controlada automáticamente:



D10. Operación Limpia

El polvo y el barro cuestan caro...

- Mayor costo de mantención y operación
- Fuerte deterioro de equipos (reducida vida útil)
- Enfermedades profesionales (silicosis) riesgo de demandas sindicales
- Riesgo de incendios eléctricos (arco)
- Riesgo de accidentes y multas de la Autoridad
- Mala imagen y conflictos de la minera con las comunidades aledañas

Una empresa limpia tiene un plus que vale...

Las empresas pueden y deben controlar el polvo y derrames en forma estricta

A juicio del expositor la Mediana Minería debe considerar lo siguiente:

- Estar frecuentemente optimizando sus operaciones (el que se queda quieto lo consumen en los costos y/o pierden oportunidades relevantes)
- No confiar plenamente en los gurúes y/o proveedores de equipos, buscar empresas de ingeniería independientes y actualizadas, que cuantifiquen los procesos y definan la mejor solución para sus oportunidades/problemas
- Considerar que el dinero gastado en optimizar procesos, hacer expansiones, definir mejoras, es un capital que debe ser gastado en forma tranquila y oportuna.

- 1 USD gastado en estudios conceptuales, normalmente genera más de 1000 USD de ingresos netos. Lo mismo pasa con el gasto de exploraciones y reconocimientos.
- La Mediana Minería debe profesionalizar sus desarrollos tecnológicos, definiendo supervisores responsables y con presupuestos adecuados.
- Debe crearse la cultura del desarrollo estratégico para expandirse, modernizarse y ser más eficientes.

- La ciencia define conceptos...
- La tecnología produce equipos y sistemas...
- La ingeniería materializa las ideas...
- La industria minera produce en forma rentable...

**“La tecnología requiere de la ingeniería
para ser aplicable”**

