

APLICACIÓN DE FACTORES MODIFICANTES PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RECURSOS EN RESERVAS MINERALES



Autores: Felipe Azócar H. y Raúl Contreras G.

Seminario “Recursos, Reservas y Planes Mineros”, de la Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras. 14 de abril de 2016.

Temario

- Definición de Reserva Mineral
- Conversión de Recursos a Reservas Minerales
- Factores Modificantes
- Fases de Conversión de Recursos a Reservas Minerales
- Categorización de Reservas Minerales
- Reportes Técnicos
- Calificación de Factores Modificantes
- Análisis de Casos

DEFINICIÓN DE RESERVAS

- **Reserva Mineral**: Es aquella **porción del Recurso Mineral Medido o del Recurso Mineral Indicado** que es **económicamente extraíble** de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero **derivada de un plan minero** y en cuya evaluación se han **considerado todos los factores modificantes (FM)**.
- **Incluye pérdidas** por efecto de la extracción minera **y diluciones** con material ajeno circundante.
- **Puede provenir de estudios de Prefactibilidad o de Factibilidad y debe ser actualizada** según las condiciones realistas al momento en que las Reservas Minerales son informadas.
- **Se categorizan en Reservas Minerales Probables y Reservas Minerales Probadas**, en las que estas últimas poseen un mayor grado de confianza.

DEFINICIÓN DE RESERVAS

- **Reserva Mineral Probable**: Es aquella **porción económicamente extraíble del Recurso Mineral Indicado** y en algunas circunstancias **del Recurso Mineral Medido**, cuya **factibilidad de explotación ha sido establecida** con un moderado nivel de confianza o de conocimiento de los FM.
- **Incluye pérdidas** por efecto de la extracción minera **y diluciones** con material ajeno circundante.
- **Se basa en estudios de prefactibilidad o factibilidad, incorporando los FM.**
- Cuenta con un **menor nivel de confianza que la Reserva Mineral Probada.**

DEFINICIÓN DE RESERVAS

- **Reserva Mineral Probada**: Es aquella **porción económicamente extraíble del Recurso Mineral Medido**, cuya **factibilidad de extracción ha sido establecida** con un alto nivel de confianza en los factores modificadores.
- **Incluye pérdidas** por efecto de la extracción minera **y diluciones** con material ajeno circundante.
- **Se basa en estudios de factibilidad incorporando los FM.**

FASES DE CONVERSIÓN DE RECURSOS A RESERVAS

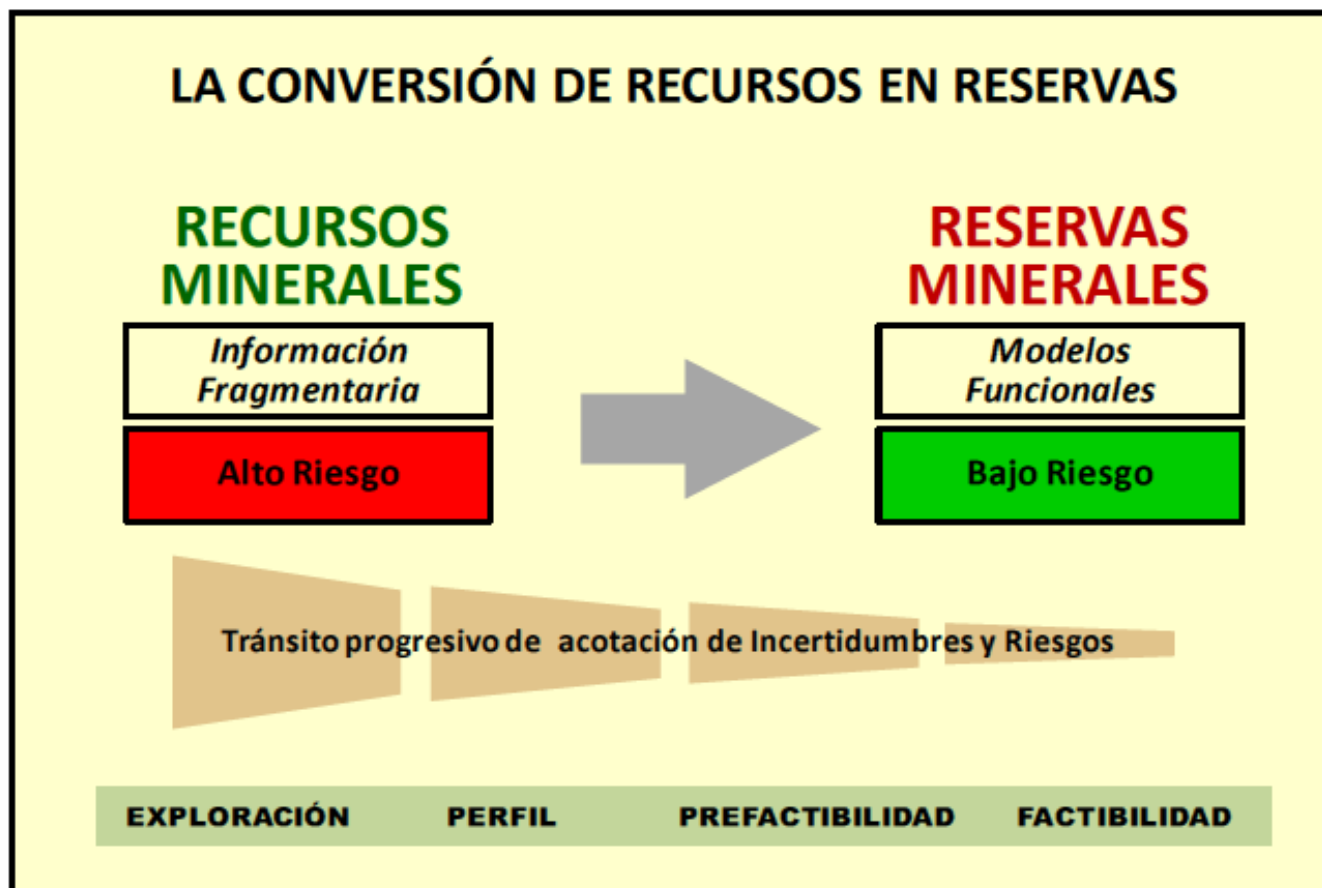


Gráfico 1 Las Fases de Conversión y Niveles de Estudios

Fuente: Código CM-2015

CONVERSIÓN DE RECURSOS A RESERVAS MINERALES

- Las Reservas Minerales, que son un sub-conjunto de los Recursos Minerales, **requieren la consideración de factores que afectan la extracción y el beneficio de los minerales.**
- En la mayoría de los casos **estos factores deben ser estimados** con el aporte de una **amplia gama de profesionales.**

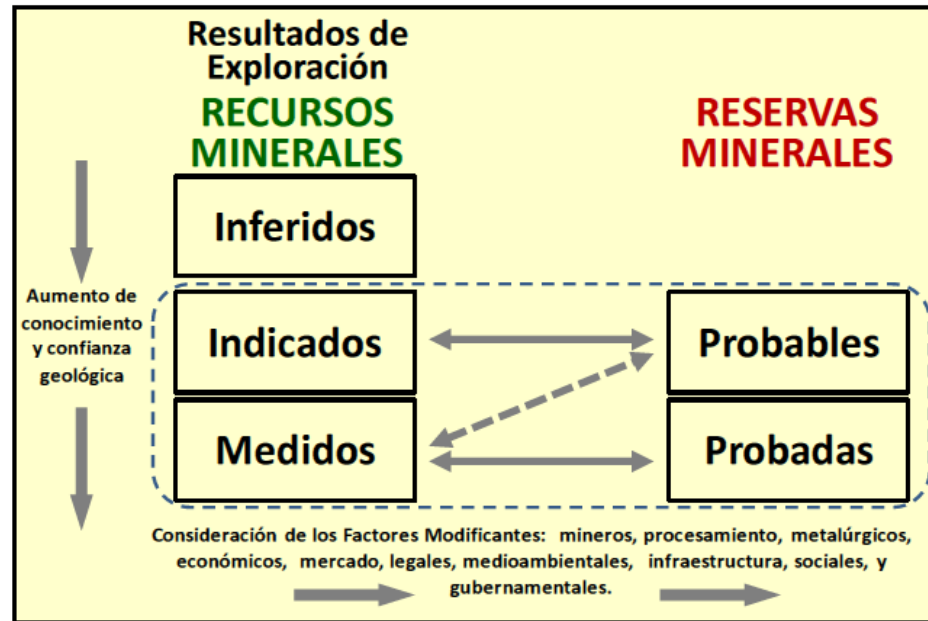


Gráfico 2 Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales

Fuente: Código CM-2015

FACTORES MODIFICANTES (Sección 4 Código CM-2015)

Factores Modificantes	Componentes
Mineros	Método de Explotación Optimización del Pit Evaluación de Bloque Ley de Corte Parámetros Geotécnicos Dilución y Rec. Minera Rec. Inferidos en el Plan Requerimiento de Infraestructura del Método
Metalúrgicos	Proceso Metalúrgico Propuesto Tipo, Cantidad y Representatividad de muestras y pruebas metalúrgicas Consideraciones de elementos contaminantes Pruebas a escala piloto o industriales, escalamiento de resultados Modelos de recuperación metalúrgica Modelos Geometalúrgicos
Medio Ambientales y Sociales	Situación de Permisos MA Consultas a Comunidades Caracterización del Lastre y potencial de generación de ácido Ubicación de tranques de relaves impacto social y ambiental en Comunidades Acuerdos con partes interesadas
Costos e Ingresos	Supuestos relacionados con Ingresos Supuestos para la estimación de Capex y Opex Consideraciones para el pago de Royalties Costo de Cierre
Mercado	Oferta - Demanda y Nivel de Stocks Tendencias de Consumo Pronósticos de Precios
Económicos	Parámetros para Análisis Económico-Financiero Inflación estimada, tasa de descuentos análisis de Tributación fiscal Análisis de Sensibilidad
Otros	Factores de Riesgo naturales, de Infraestructura, MA, legales. Situación de Propiedad Minera, Servidumbres

CATEGORIZACIÓN DE RESERVAS MINERALES

- La categorización de la Reserva Mineral está determinada primariamente por la clasificación correspondiente al **Recurso Mineral** y una **evaluación de las incertidumbres de los FM** y debe ser hecha por la Persona Competente Calificada.
- En la categorización de las Reservas Minerales **es necesario considerar el grado de conocimiento de los FM**.
- Hay situaciones en que la categoría de la Reserva Mineral depende de la incertidumbre de los FM.



Gráfico 2 Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales
Fuente: Código CM-2015

CATEGORIZACIÓN DE RESERVAS MINERALES

- Para la conversión de recursos en reservas minerales, **se requiere al menos un nivel de estudio de prefactibilidad**, donde se determine un plan minero técnicamente realizable y económicamente viable y que considere todos los FM
- En ciertas situaciones, **Recursos Minerales Medidos** podrían convertirse en **Reservas Minerales Probables**, debido a incertidumbres relacionadas con los FM.



Gráfico 2 Relación general entre los Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales

Fuente: Código CM-2015

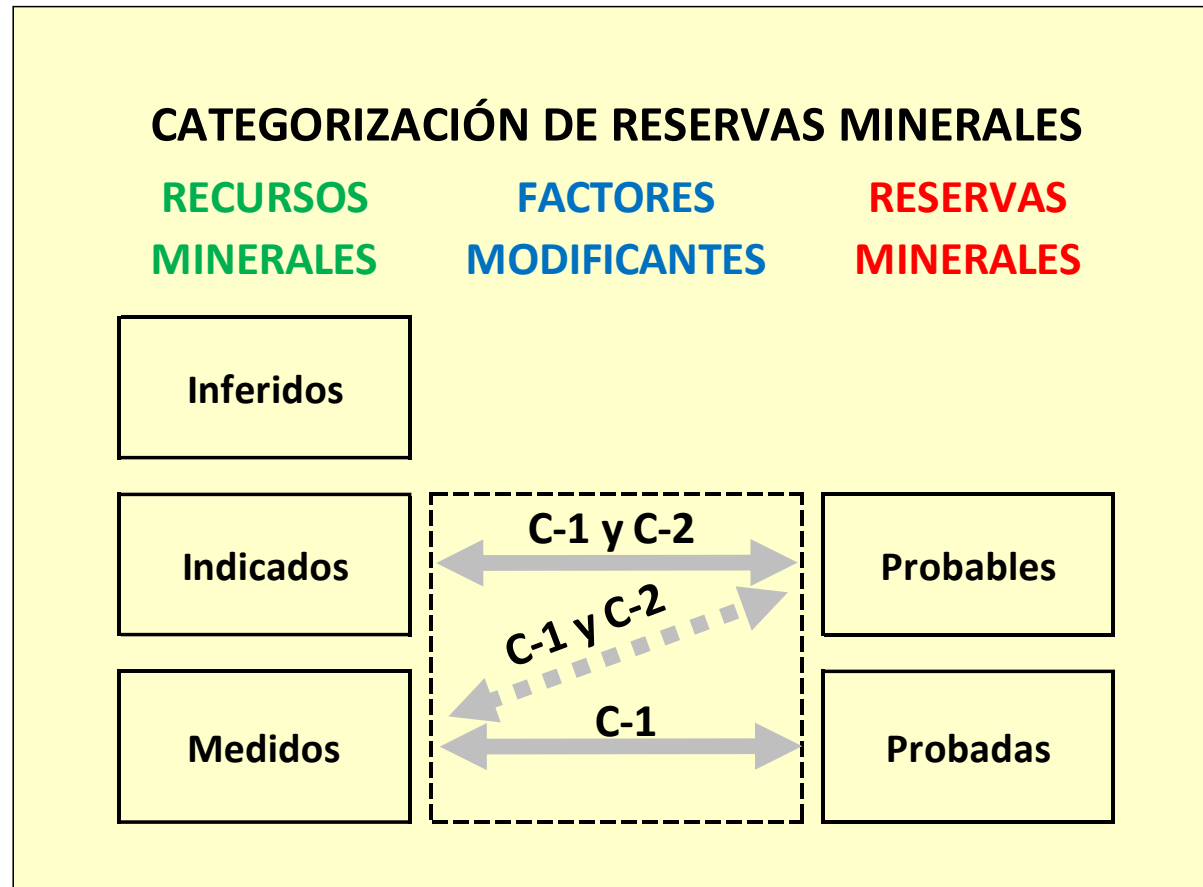
REPORTES TÉCNICOS

Tipo de Estudio / Actividades	Reporte de Exploración	Reporte de Recursos	Estudio de Perfil	Estudio de Pre-Factibilidad	Estudio de Factibilidad
Información del Yacimiento	Trabajo Geológico-Geofísico <small>Técnica Muestreo, Sondajes, Dens. y registro de Muestras, situación PM y Prop. Superf.</small>	BD Sondajes - Topo. Proc. QA/QC - MB	BD Sondajes - Topo. Proc. QA/QC - MB	BD Sondajes - Topo. Proc. QA/QC - MB	BD Sondajes - Topo. Proc. QA/QC - MB
Visita al Sitio Toma de Muestra	Visita al Sitio Toma de Muestra Ind.	Visita de PC Toma de Muestra Ind.	Visita de PC Toma de Muestra Ind.	Visita de PC Toma de Muestra Ind.	Visita de PC Toma de Muestra Ind.
Estimación del Recurso		Est. del Recurso (Med+Ind+Inf)	Est. del Recurso (Med+Ind+Inf)	Est. del Recurso (Med+Ind+Inf)	Est. del Recurso (Med+Ind+Inf)
Pruebas Metalúrgicas			Pruebas Metalúrgicas Preliminares	Pruebas Metalúrgicas Completas	Pruebas Metalúrgicas Complementarias
Límite Pit Final Diseño Minero			Diseño Preliminar <small>(Método-Económicos-Par. Geociencias, Dil., Rec. Minera, Restricciones legales, MA)</small>	Diseño Operacional <small>(Método-Económicos-Par. Geociencias, Dil., Rec. Minera, Restricciones legales, MA)</small>	Diseño Afinado <small>(Método-Económicos-Par. Geociencias, Dil., Rec. Minera, Restricciones legales, MA)</small>
Estimación de Reservas			No Aplica	Conv. Recursos a Reservas <small>(Categorización de Reservas, Evaluación de Factores Modificantes, No incluir Inferidos)</small>	Conv. Recursos a Reservas <small>(Categorización de Reservas, Evaluación de Factores Modificantes, No incluir Inferidos)</small>
Evaluación Económica			Ev. Económica Preliminar <small>(Usar todos los Recursos: Med+Ind+Inf Rec. Met. - Opex Capex Mina & Planta)</small>	Ev. Económica Completa <small>(Usar Recursos: Med+Ind Rec. Met. - Opex Capex Mina & Planta)</small>	Ev. Económica Completa <small>(Usar Recursos: Med+Ind Rec. Met. - Opex Capex Mina & Planta)</small>
Reporte Público	Reporte Técnico Resultados Exploración	Reporte Técnico Recursos Minerales	Reporte Técnico Estudio de Perfil	Reporte Técnico Estudio de Pre-Factibilidad	Reporte Técnico Estudio de Factibilidad

CALIFICACIÓN DE FM

Factores Modificantes	Componentes	CALIFICACIÓN DE FACTORES MODIFICADORES		
		Extracción Preliminar Justificada Nivel de Diagnóstico o Perfil Estimaciones Documentadas y Auditables	Extracción Razonablemente Justificada Nivel de Prefactibilidad Estimaciones Documentadas y Auditables	Extracción Fehacientemente Justificada Nivel de Factibilidad Estimaciones Documentadas y Auditables
Mineros	Método de Explotación Optimización y Diseño del Pit Modelo Geotécnico (Parámetros) Modelo Hidro-Geológico Dilución y Rec. Minera	C-3	C-2	C-1
Metalúrgicos	Proceso Metalúrgico Propuesto Modelo de Recuperación Metalúrgica Modelos Geometalúrgicos	C-3	C-2	C-1
Del Negocio y Otros	Plan de Producción Capacidades Mina-Planta Estimación de Capex y Opex Estudios de Mercado (Orientaciones Comerciales) Infraestructura y Suministros Claves (EE y Agua) Estudios e Impactos Ambientales y Sociales Licencias y Permisos Amb. Y Sectoriales aprobados Evaluación de Riesgos Plan de Cierre	C-3	C-2	C-1

CALIFICACIÓN DE FM – CATEGORIZACIÓN DE RESERVAS



SITUACIONES DIVERSAS PARA EL REPORTE DE RESERVAS

- Proyectos puramente Greenfield
- Proyectos Brownfield
 - Expansiones futuras
 - Aumento de nuevos Recursos Minerales
 - Optimización del proceso productivo.
 - Cambios en Geociencias (*Geotecnia, Hidro-Geología y Geomet.*)
- Proyectos combinados
 - Rajo + Subte
 - Oxidos + Sulfuros
 - Óxidos a Sulfuros

DESAFÍO CRÍTICO EN LA INDUSTRIA: AUMENTO DE OPEX, CAPEX Y FALTA DE CUMPLIMIENTO DE COMPROMISO DEL NEGOCIO

Los problemas comienzan en los estudios tempranos de ingeniería, incluso antes de la construcción. A continuación se muestra la frecuencia en que áreas claves de los estudios causan desviaciones importantes.

Área en Problema	Frecuencia
Geología, Estimación de Recursos y Reservas	17%
Análisis Geotécnico	9%
Diseño y Planificación Minera	32%
Selección de Equipos Mineros	4%
Pruebas Metalúrgicas, Muestreo y Escalamiento	15%
Diseño de Planta de Procesamiento	12%
Estimación de Costos	7%
Hydrología	4%

Fuente: McCarthy, Peter. "Why Feasibility Studies FAIL", AusIMM Melbourne Branch, 2013

TOP 10 DE CAUSAS/ORIGEN DE LOS PROBLEMAS

Ranking	CAUSA/ORIGEN
1	Programas agresivos y poco realistas
2	Falta de: pruebas adecuadas/criterios de diseño bien definidos/definición de alcances
3	Presión del cliente para minimizar el Capex inicial
4	Sub-estimación o insuficiencia de datos críticos desde los estudios tempranos de ingeniería
5	Sobre-estimación de la precisión de los datos/Sub-estimación de Contingencias
6	Falta de experiencia en proyectos por parte del equipo del dueño o del equipo consultor/ingeniería
7	Presión del cliente para terminar aceleradamente los trabajos
8	Eventos comunitarios, ambientales, culturales o políticos inesperados
9	El uso de costos escalados y ajustados desde estudios históricos
10	Estimación basada en paquetes de licitación incompletos o insuficientes

Fuente: Kuestermeyer, Alva. "Capital Cost Overruns in the Mining Industry: Mistakes, Misjudgments or?". Denver Coal Club, June 14, 2015

ANÁLISIS DE CASOS:

Caso 1a: Proyecto Etapa de Prefactibilidad

- Proyecto OP / UG **PFS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**




Caso 1b: Proyecto Etapa de Factibilidad

- Proyecto OP / UG **FS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

Caso 2:


Proyectos Combinados: OP – UG Operando
OP de Sulfuros - Etapa de PFS

- 
- Open Pit de Óxidos **Operando**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

- Open Pit de Sulfuros **PFS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**

Caso 3:


Proyectos Combinados: OP – Operando
Proyecto Expansión - Etapa de
PFS


- 
- Open Pit **Sulfuros Operando**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

- Proyecto **Expansión Sulfuros PFS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**

Caso 4:

Proyectos Combinados: OP Ox - Operando
OP de Sulf – Exp. 1 en FS
OP de Sulf – Exp. 2 en PFS

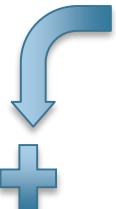
- 
- Open Pit de Óxidos - **Operando**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**


- 
- Open Pit de Sulfuros – **Exp. 1 FS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

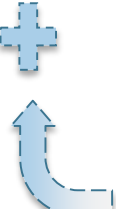
- Open Pit de Sulfuros – **Exp. 2 PFS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**

Caso 5:

Proyectos Combinados: OP Óxidos - Operando
Proyecto de Sulf. - Etapa de PFS / FS


- 
- Open Pit de Óxidos/Sulfuros - **Operando**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

- 
- Proyecto de Sulfuros – **Etapa PFS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**

- 
- Proyecto de Sulfuros - **Etapa FS**
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

Caso 6:

Proyectos Combinados: OP/UG Óxidos – Operando Proyecto Exp. con Inversión Externa con Sectores Nuevos incluidos

- 
- OP y UG de Óxidos - Operando
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probadas y Probables.**

- Expansión + sectores nuevos
 - Aplicación de FM para transformar **Recursos Med e Ind a Reservas Probables.**

Equipo multidisciplinario (PC) determina que sólo una parte de lo que el dueño declara cumple los criterios exigidos a los FM para la declaración de reservas. Mayor desafío se encontró en el estudio de la minería, que contaba con sustentos geotécnicos/geomecánicos insuficientes y una cuestionada productividad del método de explotación seleccionado. Ambos hallazgos cuestionan la valoración económica del proyecto original y en consecuencia la declaración de reservas.

Fin de la Presentación