

## **TALLER DE ECONOMÍA CIRCULAR**

# **CUANTIFICACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ESPECIES VALIOSAS DEPÓSITOS DE RELAVES ASPECTOS ESENCIALES A CONSIDERAR**

**JUAN RAYO P. – DIRECTOR  
JRI INGENIERÍA S.A.**

**07 OCTUBRE 2020**

# INTRODUCCIÓN (1 de 2)

---

La valorización y recuperación de especies de valor en depósitos de relaves está circunscrito a lo que muchos colegas denominamos la “Minería Secundaria”.

La Minería Secundaria (**MS**), corresponde al retratamiento económico de los residuos mineros producto de la “Minería Primaria” (**MP**), ya sea proveniente de minería de rajos o de minería subterránea.

Actualmente, Chile tiene **MS** en División El Teniente, con la operación de MVC para relaves frescos y antiguos, también en Candelaria con la extracción de fierro magnético por CAP, más el retratamiento de polvos de fundición por Ecometales y el retratamiento de ripios por al menos 5 empresas mineras.

Si valorizamos toda la producción de **MS** en Chile, ésta no alcanza a ser el 1% del valor de la **MP**. En cambio, en países como Sudáfrica y China se ha reportado años en que la proporción de valor de **MS** es superior a un 20% de **MP**.

# INTRODUCCIÓN (2 de 2)

---

Chile tiene una enorme abundancia de depósitos de residuos, JRI ha calculado por benchmarking que a mediados de esta década se tendrá el siguiente nivel de acumulación de este tipo de residuos:

- > 15,000 Mton de relaves (0.10 a 0.35% Cut eq)
- > 5,000 Mton de ripios (0.10 a 0.25% Cut)
- > 10.000 Mton de botaderos (>0.10% Cut eq)
- > 100 Mton de escorias (>0.5% Cut eq)

Si Chile pudiese recuperar cada año el 2% del Cu total depositado como residuo, podría aumentar su producción vendible con más de un 20% (sobre 1.0 MT Cu f/año). Ello equivaldría alcanzar alrededor del 12% del cobre proveniente de la **MP**.

El expositor es un firme promotor de la **MS**, llegando a crear, hace algo más de 10 años, un instituto denominado Centro de Investigación en Minería Sustentable (CIMS-JRI) que tiene como foco principal el desarrollo de la **MS**.

Adicionalmente, hace 5-6 años atrás, en asociación con Ecometales (estatal-independiente), formamos la Asociación JRI-Ecometales, para postular y obtener aporte de CORFO de 1.000 M\$ para analizar como recuperar especies valiosas desde depósitos de relaves, con énfasis en los metales no usuales (Co, TTRR). Esperamos terminar ese proyecto de I+D a nivel país, a mediados del 2021.

# EXPERIENCIA ACUMULADA

---

JRI tiene casi 40 años de experiencia y el CIMS-JRI, ha cumplido 11 años de vida, ambas trabajando en un 90% para la minería nacional, dentro de las cuales se ha podido cuantificar las especies valiosas de los siguientes depósitos de relaves.

- Zona Norte de Tranque Talabre, DCH (>200 Mton@0.30% Cut eq)
- Tranque N°4, CME (< 10 Mton@>1 gr Au/t)
- Relaves de CAP y la franja periférica del Norte Chico (información reservada)

En especial, se debe destacar el esfuerzo de certificar los recursos del Sector Norte de Talabre, donde se efectuaron 24 perforaciones de hasta 40 m en un “tranque vivo”, y los análisis geometalúrgicos y geoestadísticos fueron validados por el especialista senior de Codelco, Sr. Pedro Carrasco (q.e.p.d.).

Adicionalmente, en conjunto con el Profesor R. Fuentes (PhD) evaluamos modelos que explican el fenómeno de “sorting”, o disgregado de partículas, que tiene impacto en la distribución por peso de partículas y por ende de especies valiosas para 2 grandes depósitos en Chile (Talabre y Carén).

Finalmente, a través de la asociación JRI-Ecometales, con el apoyo de CORFO, establecimos procedimientos públicos simplificados para cuantificar las especies de valor que tienen los relaves en Chile. Actualmente, estamos desarrollando el Manual de Uso Público N°2 para explicar cómo procesar los relaves que tienen especies valiosas a nivel comercial.

# ASPECTOS GENERALES SOBRE DEPÓSITOS DE RELAVES (1 de 2)

---

Los relaves constituyen un residuo masivo, que corresponde al 96-98% de todo el mineral extraído y procesado por molienda y separación física (flotación, granulometría, magnetismo).

A mediados del siglo pasado, cuando las leyes de cabeza en los minerales de cobre eran en promedio muy superiores a 1% Cut, la masa de relaves era el 95% del mineral a planta. Hoy, con leyes medias cercanas al 0.6%, la masa promedio de relaves que se deposita es cercana a 98%.

Si la empresa minera fue ordenada en su gestión, y llevó registros adecuados de su producción de relaves, se podría definir que el depósito de relaves tiene un tonelaje total acumulado con una baja desviación ( $\pm 2\%$ ) y una ley media histórica también conocida ( $\pm 3\%$  relativa). Con esta información uno podría decir que no se necesitan análisis geoestadísticos para cuantificar un depósito, sin embargo:

- El relave normalmente fue clasificado por tamaño (arenas para muros y lamas para cubeta).
- Aunque el relave no haya sido clasificado, la segregación por tamaño y peso (sorting) provoca que las especies valiosas se concentran en diversos sectores del depósito.
- Las leyes de las colas de flotación, en especial los subproductos, que fueron registrados por los balances metalúrgicos, normalmente no son confiables (se “cocinan” los datos para que no hayan retos).

# ASPECTOS GENERALES SOBRE DEPÓSITOS DE RELAVES (2 de 2)

---

- Algunas de las especies son solubles y con el tiempo, se disuelven en el agua remanente y/o con las aguas de lluvia o deshielo (en especial en los muros de arena de la Zona Central).
- Las operaciones eventuales, como las limpiezas de piso, cortes de energía, huelgas y otros, descargan relaves en directo, con leyes cercanos a la ley de cabeza, que no son cuantificados en los balances (p.e. Talabre).
- Muchos subproductos no son extraídos desde el inicio de la operación de **MP** y los relaves de esa época contienen mayor cantidad de dichos subproductos.
- Las operaciones mineras privilegian iniciar la operación con la zona alta ley del yacimiento primario, ello implica que los relaves de los primeros años son casi siempre de mucho mayor ley que el relave final, correspondiente a periodos después de agotada las altas leyes.

Por lo tanto, los antecedentes históricos metalúrgicos sólo constituyen valores referenciales u ordenes de magnitud, y para poder evaluar la magnitud y localización de las especies valiosas es imprescindible realizar una prospección adecuada, más una evaluación de recursos y reservas algo diferente de la evaluación del mineral primario.

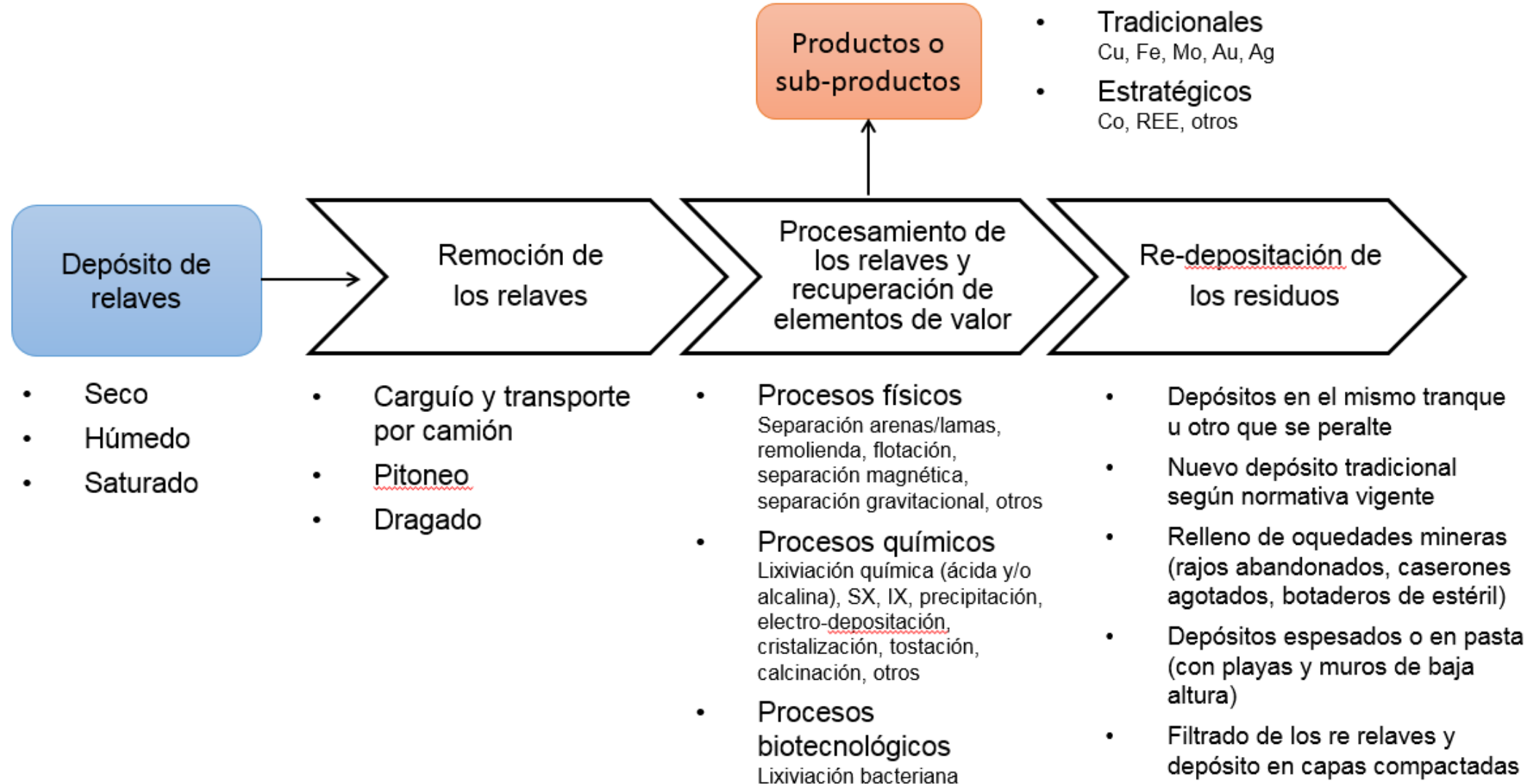
# ANÁLISIS DE RESERVAS

---

- El volumen total del relave debe ser calculado por topografía del depósito, asumiendo pequeñas desviaciones (compresión del terreno original por el peso del relave depositado).
- La experiencia indica que si se definen bloques con orientaciones según la fase de depósito, las atribuciones de diferentes leyes obtenidas para los modelos de bloques permiten calcular variogramas diferentes según orientación (con fuerte influencia de la altura y menor influencia de la lejanía al punto de descarga).
- Las leyes de corte deben considerar un costo de remoción y reprocesamiento mucho más bajo que la MP (no hay tronadura, ni desarrollo, no hay chancado ni molienda, etc.) y las recuperaciones deben estar basadas en buenos estudios experimentales, incluso pilotajes en casa.
- Normalmente es posible conseguir correlaciones entre granulometría y algunas leyes, correlaciones geometalúrgicas de asociatividad de especies (Au con Py, TTRR con P y arcillas, etc.), que permiten afinar la cuantificación y localización de las especies valiosas.
- La cuantificación de la humedad es relevante para determinar el aporte de agua que tiene el relave para el proceso posterior, el cual es varias veces superior al caso del mineral in situ. Por ello la remoción y el retratamiento de relaves tiene un make up relativamente bajo.



# Diagrama bloques - Alternativas tecnológicas





# PARA TERMINAR

---

Los estudios realizados por JRI y terceros en relación a la recuperación de especies valiosas desde los relaves acumulados, permiten madurar las siguientes conclusiones:

- Es factible cuantificar las especies valiosas de un depósito de relaves con alta precisión y a un costo relativamente bajo.
- Cada depósito debe definir el mejor proceso físico o químico o mezcla de ambos para recuperar las especies valiosas a nivel comercial.
- Es recomendable perseguir asociaciones mineralógicas para recuperar las especies de alto valor que están en pequeñas proporciones.
- La explotación y beneficio de los relaves constituirá una opción relevante de Minería Secundaria para el país.