

# **ESTUDIO DE INDICADORES PARA MEJORAR CONCILIACION MINERA EN UM CERRO LINDO**

Joel Mejía<sup>1</sup> Fernando Sáez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jefe de Servicios Técnicos – Compañía Minera Milpo SAA, joel.mejia@milpo.com

<sup>2</sup> Geologo Consultor Senior – SRK Consulting Peru SA, fsaez@srk.com.pe

## **RESUMEN**

Los resultados de reconciliación del modelo operativo con el balance metalúrgico para el año 2015 en Unidad Minera Cerro Lindo, evidencian diferencias menores al 5% para los elementos Plomo, Plata y Cobre, y un sesgo mayor al 15% para el elemento Zinc.

Ante esta situación, el presente trabajo propone un análisis de subdominios de indicadores para el elemento Zinc como alternativa de solución efectiva para disminuir el sesgo.

El estudio de subdominios de estimación con indicadores consiste en primero determinar dominios estructurales mayores, y luego en desarrollar una metodología para encontrar los cut-off que determinarán los dominios de estéril/mineral baja ley y mineral baja ley/alta ley. La correcta determinación de estos subdominios se reflejará en el cumplimiento de las condiciones de estacionariedad y fenómeno intrínseco en cada subdominio encontrado, facilitando la utilización adecuada de la ecuación lineal de estimación.

El resultado final permitirá obtener validaciones matemáticas satisfactorias y mejorar los resultados de la conciliación entre el modelo operativo con el balance metalúrgico, para el elemento Zinc.

El estudio realizado muestra una disminución del sesgo para el elemento Zinc; con la disminución del sesgo se disminuye la incertidumbre del modelo operativo y en consecuencia se cuenta con una mayor confianza para la planificación de la actividad extractiva. El ahorro de tiempo y costos asociados contribuyen de manera positiva a la cadena de valor de la compañía minera.

## **OBJETIVOS**

Con el estudio de Indicadores para la mina Cerro Lindo se busca:

- Optimizar la cadena de valor de la operación minera a través de un modelo de recursos con menor incertidumbre.
- Dominios de estimación adecuados para la realidad geológica del yacimiento.
- Mejorar el resultado de la conciliación entre el modelo operativo y el balance metalúrgico. Disminuyendo el riesgo en la planificación extractiva.

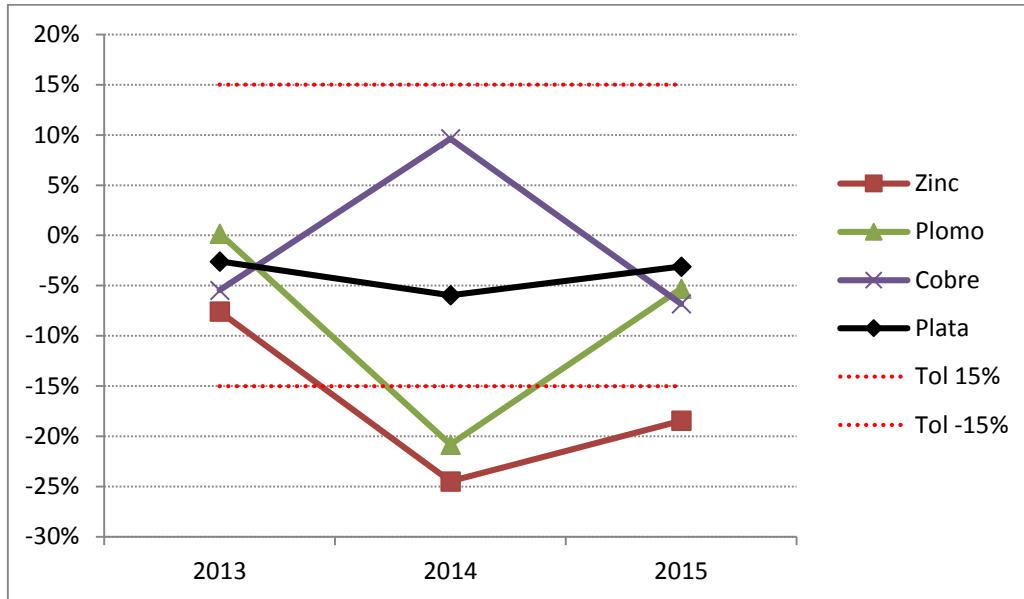
## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Considerando los resultados de la conciliación del modelo operativo del 2015 y el balance metalúrgico anual de la Unidad minera Cerro Lindo, para el elemento Zinc se identificaron diferencias mayores al 15%\*.

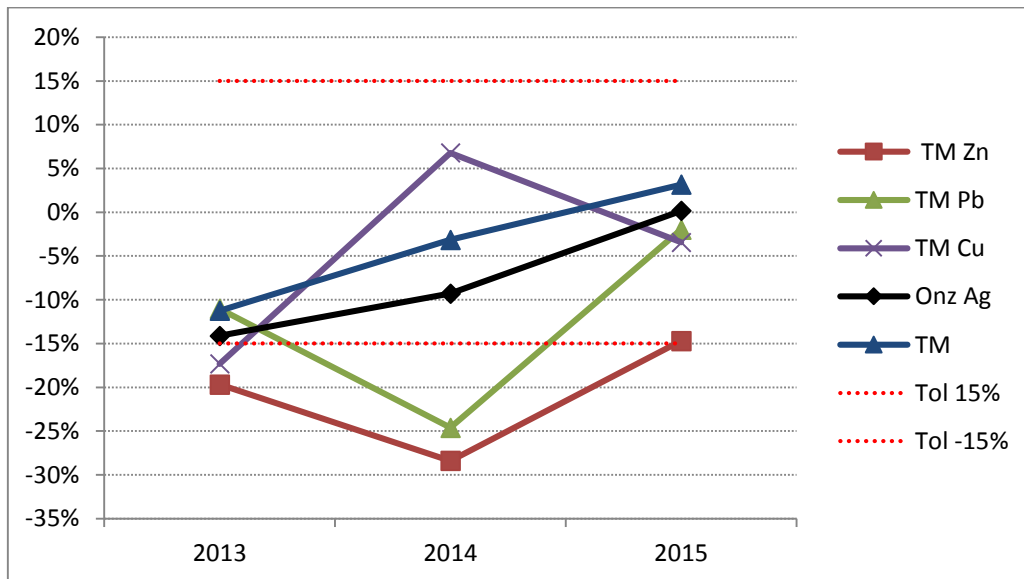
*\* Límite máximo establecido por la minera para considerar el resultado como satisfactorio.*

Los siguientes gráficos resumen los problemas identificados:

**Modelo Operativo versus Balance Metalúrgico**  
**Diferencias Relativas: Leyes Diluidas versus Leyes de Cabeza**



**Modelo Operativo versus Balance Metalúrgico**  
**Diferencias Relativas: Contenido Fino**



### ALTERNATIVA DE SOLUCION

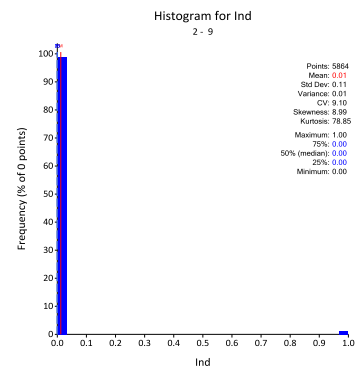
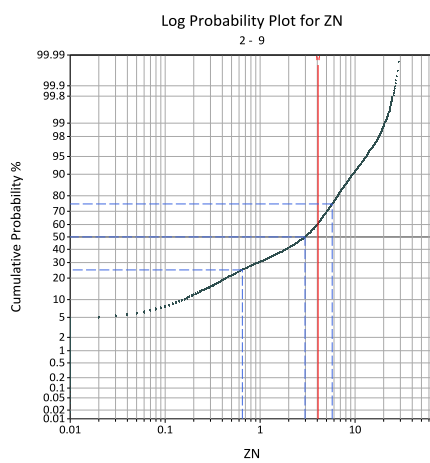
Identificado el problema, se hace evidente que para el modelo del Zinc el muestreo no está caracterizando adecuadamente la distribución de leyes dicho metal en todo el volumen de interés. Ante ello, se propone realizar un análisis de sub dominios de alta ley a fin de modelar el volumen de influencia de las altas leyes geostatísticamente. Este procedimiento deberá contribuir positivamente en la representatividad y robustez de los valores medidos para el zinc.

El estudio de subdominios de estimación con indicadores se emplea para disgregar poblaciones de leyes o valores en dos o más subdominios en donde la información geológica sea insuficiente o no exista. Para disgregar los subdominios se requiere lo siguiente:

A.-Primero determinar valores de corte (cut-off geológicos) que definan contactos, para esto se realizarán estudios de los gráficos de histogramas, frecuencia acumulada y análisis de contacto.

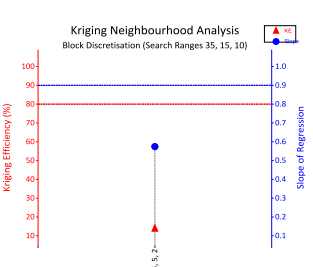
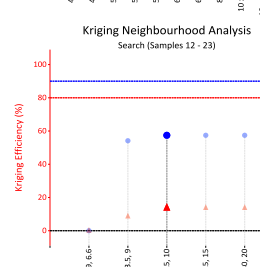
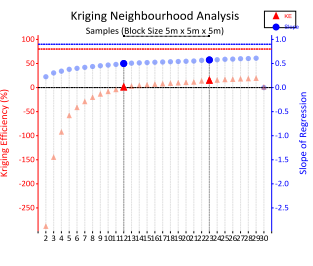
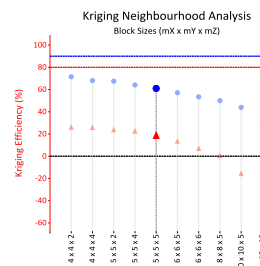
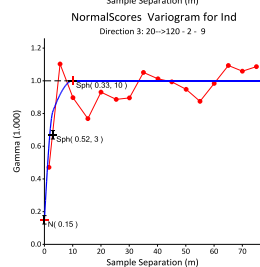
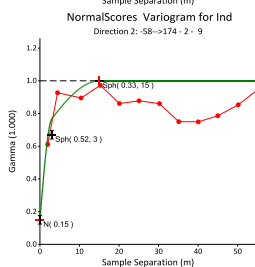
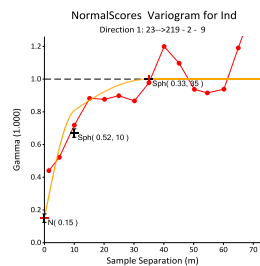
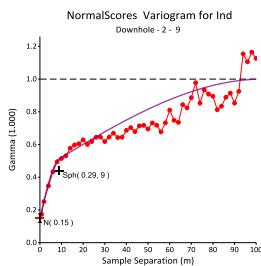
B.- Luego transformar los elementos/medidas en indicadores, donde a todos los valores menores al cut-off se le asignara el indicador 0 y a los valores mayores al cut-off se coloca el indicador 1.

C.- Hallar los parámetros de estimación (variografía, QKNA) para los indicadores



**Frecuencia acumulada de Zinc**  
(a cut off 20%) del Cuerpo 2 Dominio 9 en cerro Lindo, se observa un cut off de alta ley en 20% de Zn

**Frecuencia acumulada Indicador de Zinc**  
del Cuerpo 2 Dominio 9 en cerro Lindo, se observa que la alta ley corresponde al 1% del total

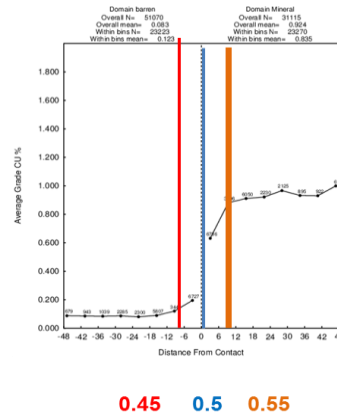


D.-Estimar los indicadores con OK, considerando que los resultados obtenidos deben variar entre 0% y 100%.

E.- Determinar los nuevos subdominios separando los resultados estimados en valores menores a 50% y valores mayores al 50%.

F.-Por último, se realizará un análisis de sensibilidad alrededor del 50% (ej. 45% o 55%, etc.)

0.02	0.08	0.09	0.15	0.25	0.13	0.08	0.05	0.01	0.01
0.08	0.18	0.25	0.43	0.52	0.46	0.26	0.12	0.08	0.02
0.12	0.27	0.46	0.59	0.75	0.56	0.44	0.38	0.23	0.11
0.22	0.38	0.52	0.73	0.82	0.67	0.56	0.41	0.36	0.21
0.39	0.47	0.63	0.79	0.83	0.75	0.68	0.54	0.43	0.35
0.21	0.36	0.53	0.64	0.52	0.63	0.53	0.49	0.37	0.25
0.16	0.19	0.11	0.23	0.43	0.54	0.46	0.35	0.28	0.15
0.08	0.06	0.01	0.09	0.28	0.39	0.41	0.24	0.12	0.08



Contando con los nuevos subdominios de estimación, se vuelve a realizar la estimación de recursos minerales.

Finalmente, se realizará un nuevo cálculo de la conciliación del modelo operativo del 2015 con el balance metalúrgico anual.

## CONCLUSIONES

La aplicación de este procedimiento se muestra como una alternativa efectiva, rápida y de bajo costo, pues es una técnica válida para el proceso de estimación de recursos, que ahorra tiempo y dinero frente al establecimiento de dominios de la manera tradicional.

Al mejorar los resultados de la conciliación, se busca disminuir el sesgo en la estimación con respecto al balance metalúrgico.