

APLICACIÓN DE MODELOS DETERMINÍSTICOS PARA LA ESTIMACION DEL ZINC EN ANTAMINA

Peggy Peñaloza, Julio Bustamante

Av. El Derby 055, Torre 1 oficina 801 Santiago de Surco, Lima. Email: ppeñaloza@antamina.com; jbustamante@antamina.com

INTRODUCCION

El Zinc es el segundo producto más importante en Antamina, por ello su estimación implica un desafío por el control de valores altos.

Se conoce por teoría de interpolación de kriging que todos los datos deben ser o tener comportamiento estacionario para poder hacer la estimación. Sin embargo en Antamina para el elemento Zn esta estacionaridad no se presenta debida mayormente a factores geológicos y estructurales, que imposibilitan que los datos tengan distribución de leyes modelables usando variogramas por geozonas. Si se usaran geozonas se mezclarían en la interpolación valores altos con bajos ocasionando un suavizamiento exagerado, sesgo condicional y baja precisión en la estimación de leyes. Para controlar este efecto se construyen contornos de ley o modelos determinísticos que dividen la población en zonas uniformes, las cuales delimitan los valores que están dentro de un rango de ley. Este trabajo mostrará esta metodología usada en el Zn.

GEOLOGIA DEL DEPÓSITO

El depósito de Antamina es un skarn complejo de cobre, zinc, plata, molibdeno y bismuto formado por la intrusión de un stock de cuarzo monzonita en calizas. Siendo la litología del depósito un control global en la distribución de Zinc.

La esfalerita, principal mena de Zinc tiene una distribución muy variable y compleja dentro del yacimiento, teniendo como controles principales y favorables a las rocas de "Exoskarn" en donde las leyes son muy altas. En el caso contrario las rocas de "Endoskarn" e intrusivo han sido desfavorables para la presencia de esfalerita, donde las leyes de Zinc son muy bajas.

Esta complejidad en la distribución de la mena de Zinc hace que el uso de la interpolación de Kriging en estas condiciones no sea la más adecuada.

INFORMACIÓN DISPONIBLE

BASE DE DATOS

Los modelos determinísticos han sido construidos usando la información de taladros de perforación diamantina y taladros de voladura, siendo 1,888 sondajes de perforación diamantina ejecutados desde los inicios de Antamina en 1999 hasta el 2008, auditados por una empresa especializada de prestigio.

Para los análisis estadísticos y geoestadísticos se emplearon tramos de información estandarizados mayores o iguales a 3.75m (compositación) en la longitud del sondaje en general. Resultando un total de 77,083 compósitos para el Zn.

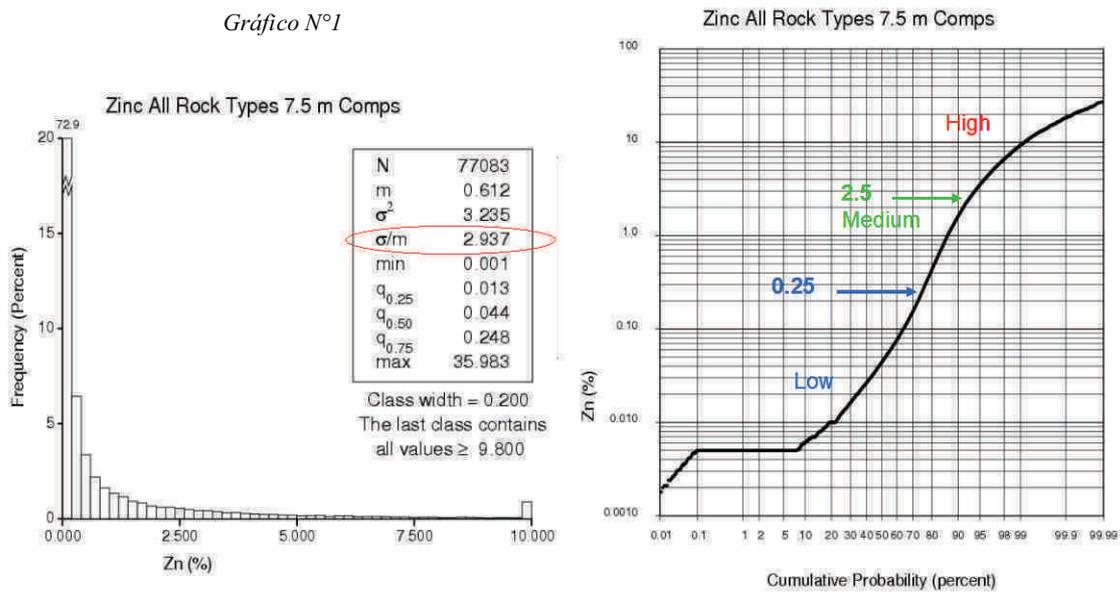
MODELO GEOLOGICO

Son 14 unidades litológicas interpretadas tanto en secciones transversales, longitudinales (cada 50m.) y en planta (cada 15m.). Estas unidades sirvieron de base para la confección del modelo determinístico del Zn. Estas unidades litológicas comprenden: 1 Intrusivo, 2 unidades de "Endoskarn", 5 unidades de "Exoskarn", 3 tipos de brechas además de Mármol y Caliza.

DISTRIBUCIÓN DE ZINC EN EL YACIMIENTO

El gráfico N°1 de la curva probabilística global muestra 2 inflexiones, una a 0.25 y la segunda a 2.5. Las que dan cuenta a una subdivisión de 3 poblaciones que se usarán para la confección del los parámetros determinísticos.

Gráfico N°1



Zinc : By Lithology

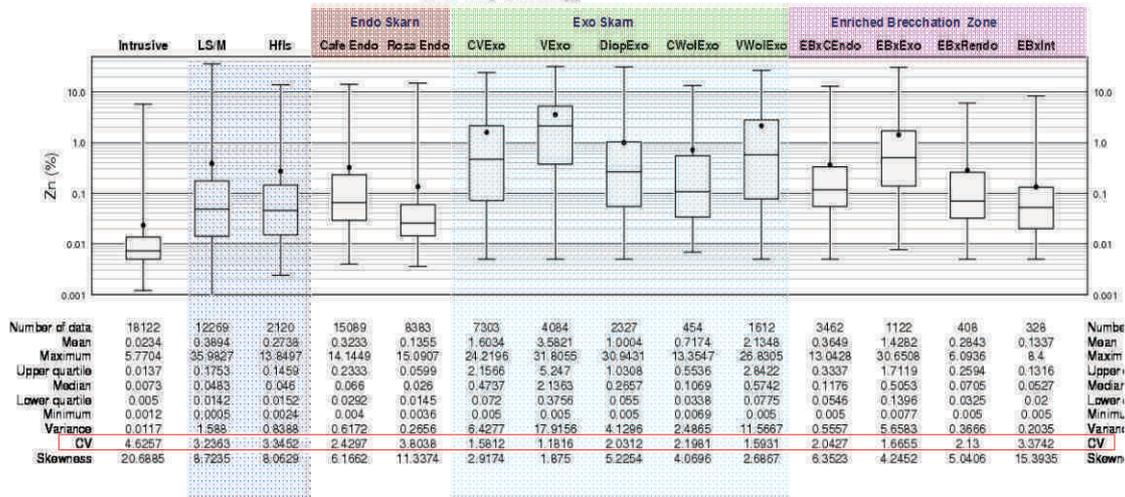


Gráfico N°2

En el Gráfico N°2 realizado por litología muestra que el Zn se distribuye de manera diferente por tipo de roca, tal es el caso que para el Intrusivo los valores son los más bajos con un promedio de 0.02%, seguido de Limestone y "Hornfels" con 0.30 % en promedio. Para los "EndoSkarn" se tiene un promedio de 0.25% de Zn, mientras que para las rocas de "ExoSkarn" los valores oscilan entre 1 a 3.5% en promedio tomando el promedio más alto al "Exoskarn" de granate verde. En el caso de las zonas de brecha la roca con mayor valor es la asociada al "Exoskarn" con un promedio de 1.4%.

MODELO DETERMINISTICO DE ZINC

En base al análisis estadístico inicial de la ley de Zinc se puede concluir que se trata de un elemento muy variable por lo que se podría utilizar varios métodos para convertir su comportamiento a estacionario, en Antamina se utilizó el método determinístico para el Zinc, usando los siguientes parámetros para tres dominios predominantes:

Tabla 1

Dominios	%Zn
Alto	>2.5%
Medio	>0.25 y <2.5%
Bajo	<0.25%

INTERPRETACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE ZINC EN SECCIONES Y PLANTA

Al analizar la proporción de aciertos obtenidos inicialmente (“logged”) cuando se ha interpretado en el Zinc, obtuvimos como resultado porcentajes poco aceptables de compósitos que se encuentran en el dominio correcto para el Medio y “High”, pero aceptable para el dominio “Low”. Estos resultados son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2
Unflipped 7.5 m Composite Statistics

Grade Domain Code	Data	Back-tagged Codes			Total	% of Comps. in Correct Domain
		Low	Medium	High		
1	Number of Composites	55,486	2,240	159	57,885	96
2	Number of Composites	2,433	10,335	969	13,737	75
3	Number of Composites	287	1,022	4,152	5,461	76
Total Count		58,206	13,597	5,280	77,083	

Para lograr que los aciertos de la interpretación se ubiquen dentro de un rango aceptable, los porcentajes de compósitos en el dominio correcto deben ser mayores a 80% (valor estimado para Antamina). Por ello se consideró que la interpretación del Zn para el modelo determinístico debería seguir el mismo criterio que el modelo geológico, pero considerando los rangos y dominios de ley determinados (alto, medio y bajo). Se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- En áreas donde se tiene 2 o más taladros distanciados con un mismo tipo de roca pero de diferente ley se le da menor área de influencia a la de mayor ley a fin de no sobreestimar los valores.
- Las tendencias de mineralización van a de acuerdo a las principales estructuras del yacimiento como fallas, fracturas y estratificaciones.
- Restringir los polígonos de alta y mediana ley con los contactos litológicos de endoskarn, intrusivos, mármoles, “hornfels” y calizas.
- En áreas con poca información, la proyección vertical de los polígonos son de 3 bancos como máximo (15m por banco).
- Validación cruzada de polígonos interpretados.
- Ajuste de “missclasification” (valores codificados en diferentes dominios).

Tabla 3
Flipped 7.5 m Composite Statistics

Grade Domain Code	Data	Back-tagged and Flipped Codes			Total	% of Comps. in Correct Domain
		Low	Medium	High		
1	Number of Composites	56,508	1,273	104	57,885	98
2	Number of Composites	1,712	11,481	544	13,737	84
3	Number of Composites	224	712	4,525	5,461	83
Total Count		58,444	13,466	5,173	77,083	

La Tabla 3 muestra los resultados de la interpretación del Zinc con respecto al dominio nominal que por definición le corresponde.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO POR DOMINIOS DE ZINC

Los gráficos de cajas (“boxplots”) de cada dominio por tipo de roca muestran las variaciones de cada litología aún dentro del mismo dominio.

LOW GRADE

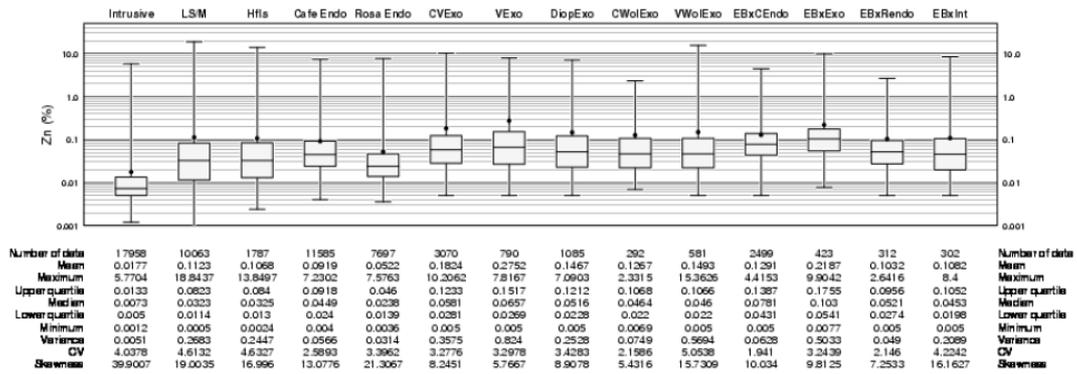


Gráfico N°3

MEDIUM GRADE

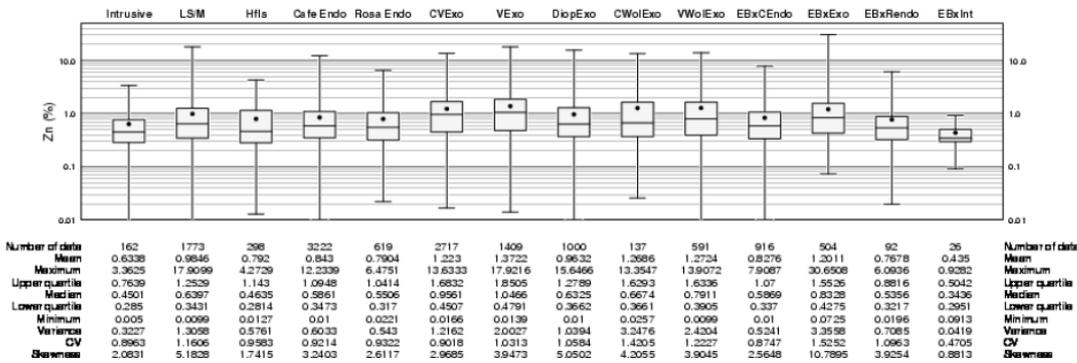


Gráfico N°4

HIGH GRADE

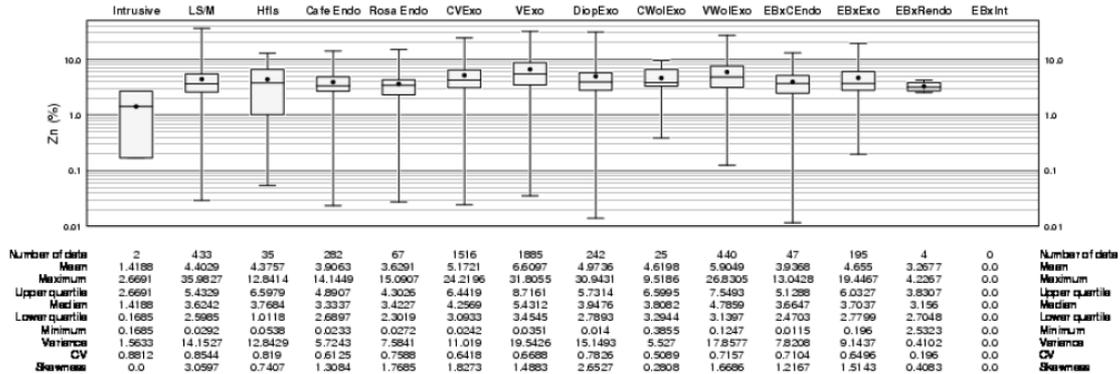


Gráfico N°5

Del análisis de los gráficos N°3, 4 y 5 se comprueba que las leyes promedio por tipo de roca en cada dominio se encuentra dentro de los rangos establecidos anteriormente <0.25 ; >0.25 y <2.5 ; y >2.5 para “Low”, “Medium” y “High” respectivamente. Se observan variaciones mínimas y ley dentro de un mismo dominio. Por lo tanto después de haber subdividido en tres dominios (“Low”, “Medium” y “High”), se comprueba favorablemente la estacionaridad de los datos en la gran mayoría de rocas, a partir de la cuales se procederá a definir la estrategia de interpolación.

VALIDACION HERCO

En el gráfico N°6 se comprueba que la discrepancia mostrada de los valores estimados por el método de kriging están ligeramente suavizados, sin embargo están dentro de límites razonables. Con lo que

confirmamos que el paso previo a la interpolación como fue el usar el método determinístico tuvo un papel muy importante para la obtención de estos resultados.

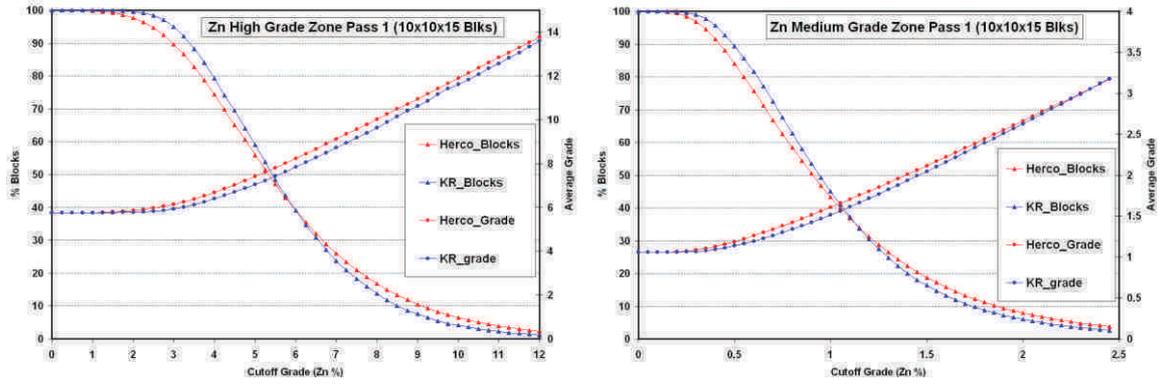


Gráfico N°6