

Minería de datos para establecer el control de calidad del logueo geológico en Antamina

Angel Rios Espinoza

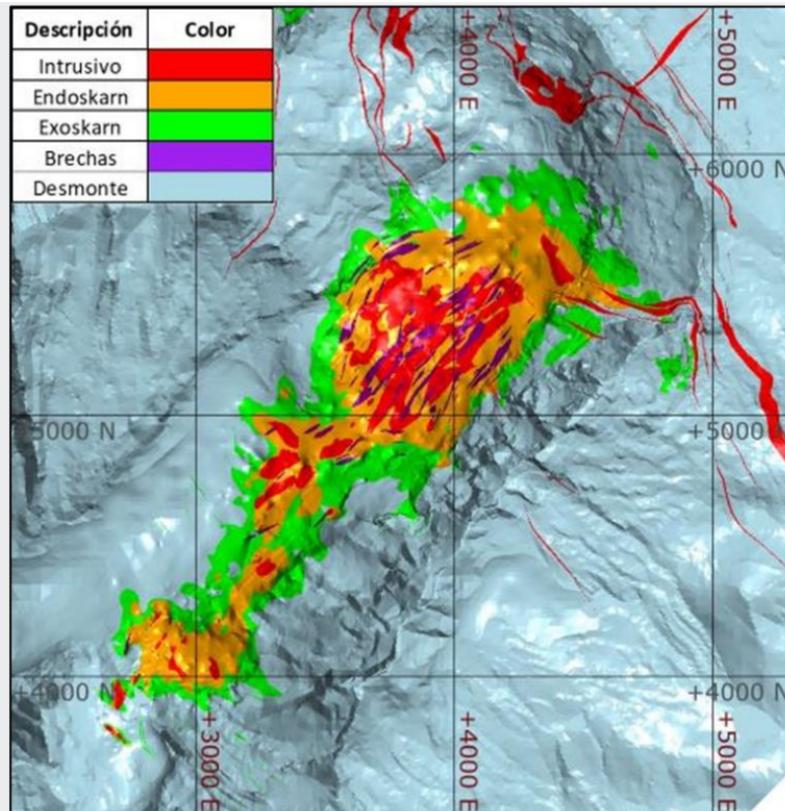
 **CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERÚ MEJOR**



Introducción (1)

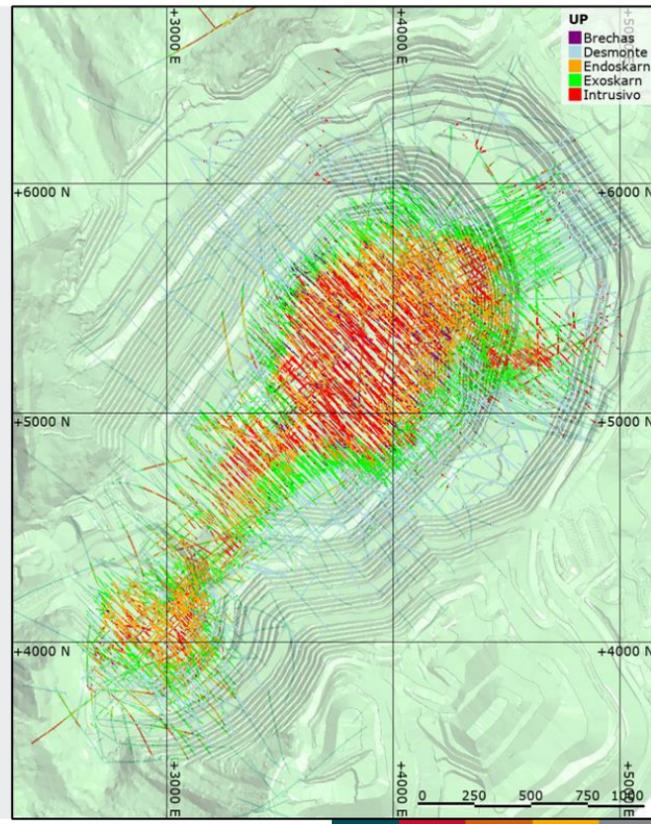
El depósito de Antamina ha sido formado por la intrusión de stocks, principalmente cuarzo-monzoníticos, emplazados en rocas sedimentarias que incluyen calizas, margas y limolitas de las formaciones Jumasha y Celendín. Como resultado se ha generado un skarn gigante de aproximadamente 3 km de largo por 1.5 km de ancho.

Se han perforado más de un millón de metros de sondajes diamantinos, habiéndose identificado 179 variedades litológicas clasificadas según los componentes mineralógicos, tamaño de grano de los granates y grado de brechamiento.



Introducción (2)

Al ser el logeo geológico una actividad subjetiva, basada en la experiencia y habilidad del geólogo, fue necesario establecer un mecanismo de control de calidad del logeo geológico basado en datos objetivos con la finalidad de identificar posibles errores en dicho proceso, para lo cual se evaluó el comportamiento de las diferentes unidades litológicas en relación con las 43 leyes reportadas en los análisis geoquímicos practicados a las muestras de sondajes.



Objetivos

Establecer un mecanismo de control de calidad del logueo geológico, basado en datos objetivos y existentes, como las leyes, para identificar intervalos mal logueados por una confusión entre intrusivo y endoskarn o entre exoskarn y desmante en el yacimiento Antamina.

Generar alertas, cuando se obtienen las leyes, de aquellos intervalos en los sondajes recientes que requieren ser relogueados.

Mejorar la estimación de recursos minerales de Antamina por el establecimiento de un correcto logueo geológico.



Desarrollo (1)

Desde el punto de vista litológico el intervalo menor de logeo es un metro y contiene una litología primaria y podría contener una litología secundaria.

Los intervalos litológicos culminan cuando hay un cambio de roca primaria o roca secundaria.

El intervalo de muestreo puede ser como mínimo un metro y máximo tres metros dentro de una única roca primaria. Las muestras son enviadas a un laboratorio externo cuyos resultados son reportados aproximadamente tres semanas después.

Se usó un software de modelamiento geológico para hacer el análisis espacial de cada uno de los 43 elementos, inicialmente sin discriminar por unidades litológicas y filtradas posteriormente por grupos de unidades litológicas. Para desplegar las leyes se usaron siempre leyendas continuas del tipo frío-calor y muchas veces fue necesario cambiar los valores mínimos y máximos de alguna leyenda para resaltar los cambios en leyes por grupos de unidades litológicas. Después de este primer análisis espacial se filtró un primer conjunto de elementos.



Desarrollo (2)

Para el conjunto de elementos identificados por análisis espacial, se prepararon gráficos de cajas y bigotes por grupos de unidades litológicas con la finalidad de entender la distribución de las poblaciones de leyes estos elementos, obteniéndose un segundo conjunto, más reducido, de elementos.

Se hicieron secciones a lo largo de varios sondajes desplegándose los valores de los elementos del segundo conjunto obtenido de los gráficos de cajas y bigotes. Como consecuencia, se identificaron tres elementos cuyos valores, al pasar de exoskarn a desmonte o de intrusivo a endoskarn, variaban bruscamente.

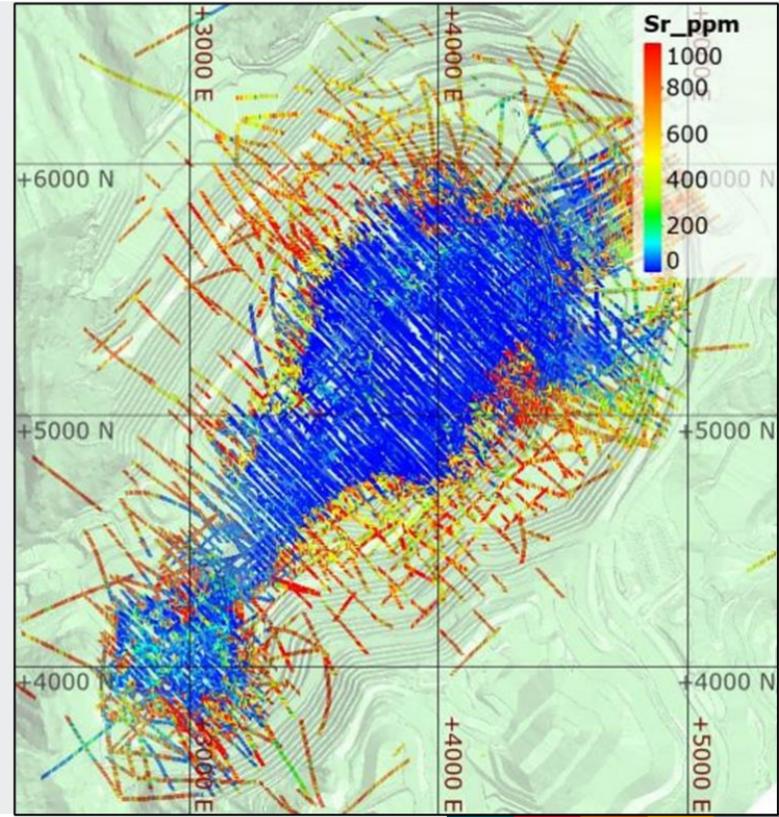
Finalmente, se revisaron las fotos de algunos testigos en los que el comportamiento de los elementos identificados, no correspondía al de los patrones encontrados con la inspección espacial de las leyes, los gráficos de cajas y bigotes, y la transición de los valores en los contactos entre intrusivo y endoskarn y entre exoskarn y desmonte.



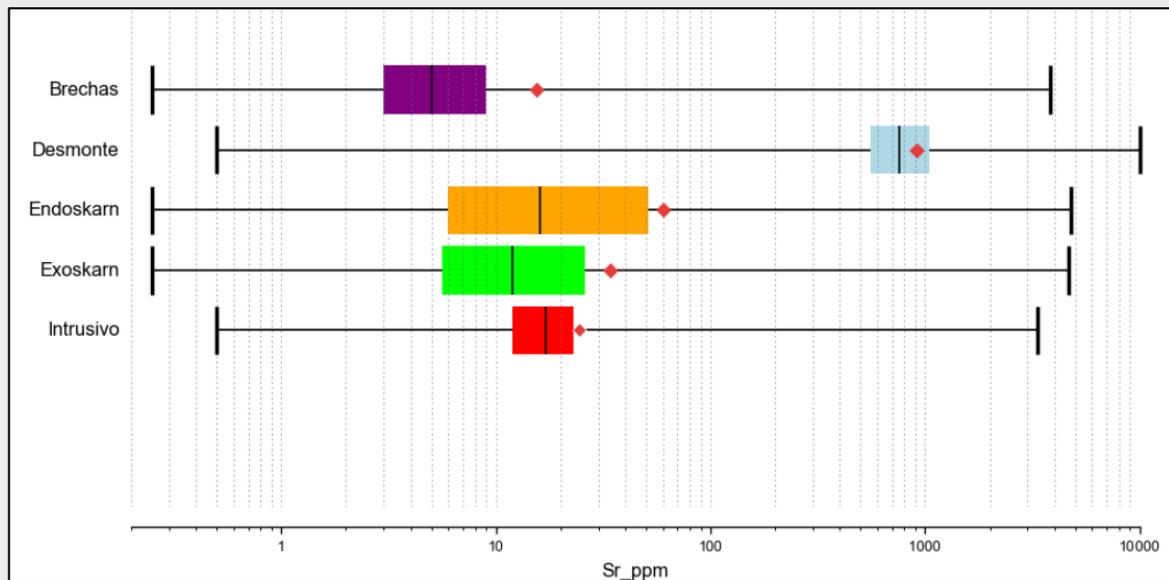
Contacto entre exoskarn mármol o hornfels

El contacto más importante, desde el punto de vista económico, es el existente entre el exoskarn y el desmante, tomando en cuenta que ningún bloque de reserva cuyo centroide pertenezca a este último grupo geológico, será considerado como mineral. Sin embargo, algunos bloques cuyos centroides pertenecen al exoskarn podrían, después de aplicarse las fórmulas económicas, ser consideradas como desmante y es por este motivo es que no se usó el zinc como control de calidad.

Se identificó que el estroncio era el elemento cuyos valores cambian drásticamente en el contacto entre ambos grupos geológicos.



Estroncio por unidades litológicas principales

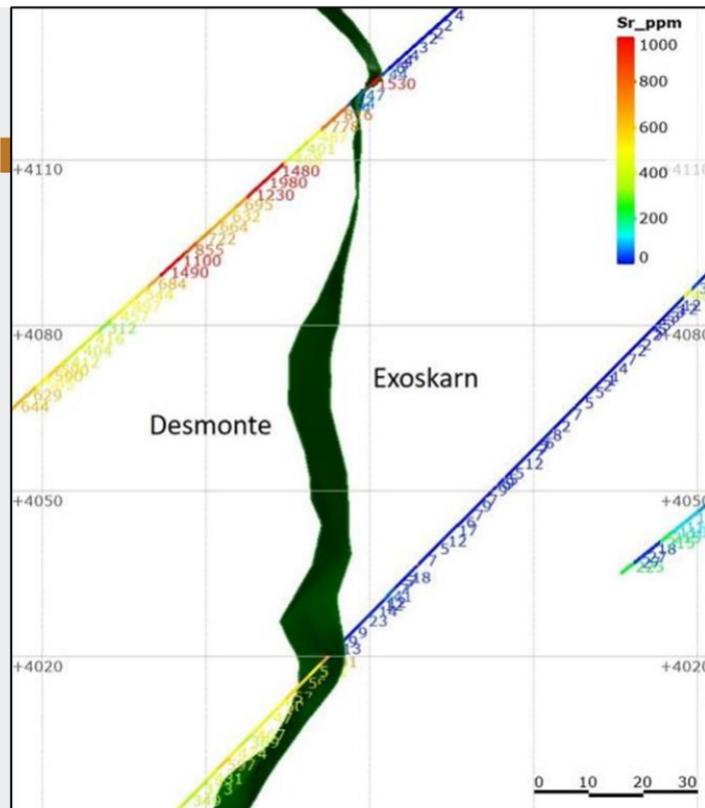


El desmonte esta claramente diferenciado de las demás unidades litológicas principales



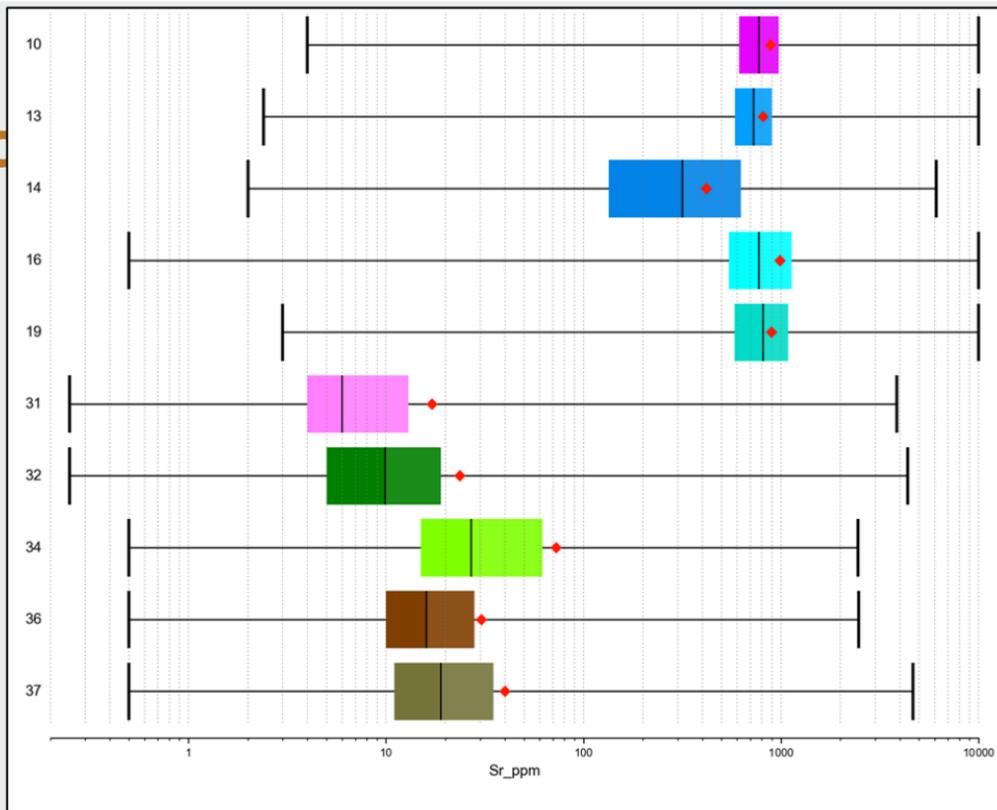
Estroncio en el contacto entre desmonte y exoskarn

Posiblemente, el estroncio presente en las rocas sedimentarias en valores mayores a 400 ppm, se presente en el exoskarn con valores menores a 100 ppm porque este elemento está incluido en algún silicato formado a partir de la skarnización, silicato que no se disuelve por el agua regia empleada en la disolución de las muestras durante el análisis geoquímico.



Estroncio por unidades litológicas

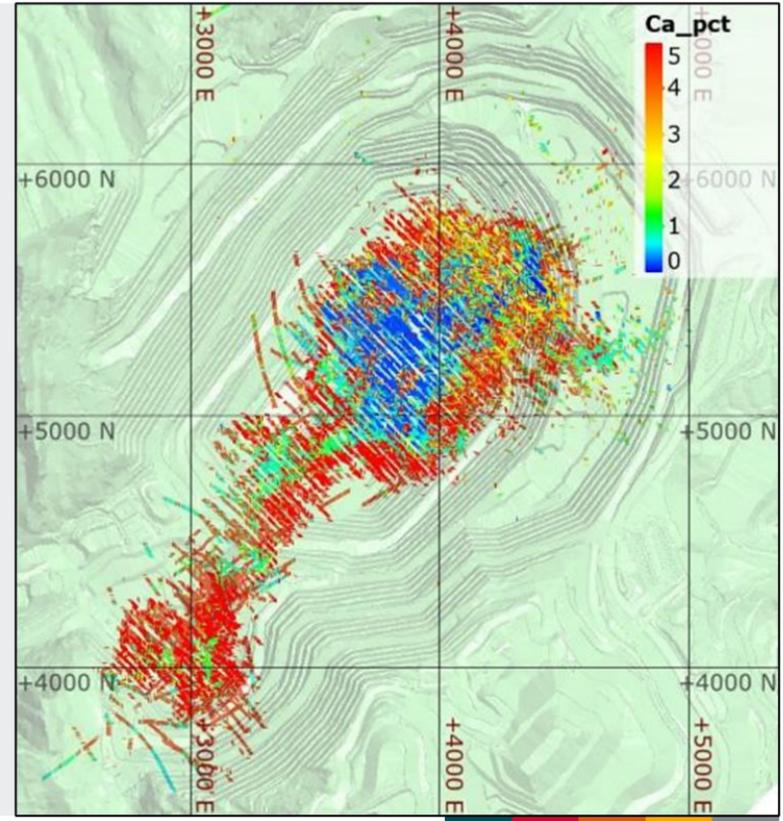
Este gráfico muestra que, dentro de las unidades litológicas del desmonte, el hornfels diópsido (14) es el que tiene menores valores de estroncio, comportamiento que fue tomado en cuenta al momento de establecer los patrones para diferenciar entre exoskarn y desmonte.



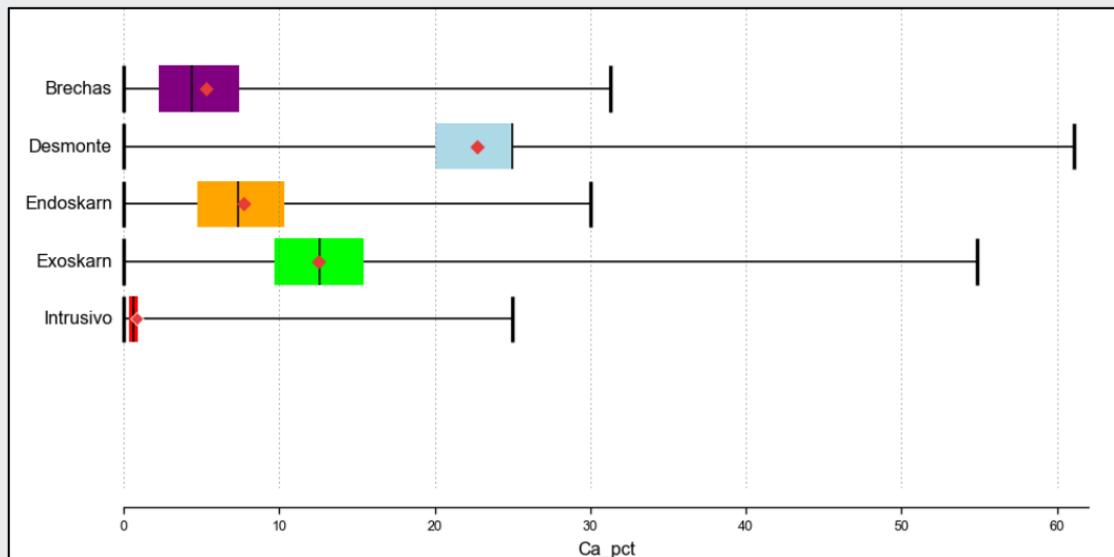
Contacto entre intrusivo y endoskarn

El otro contacto geológico importante, desde el punto de vista económico, es el existente entre el intrusivo y el endoskarn, ya que como se mencionó anteriormente solo el 2% del mineral se encuentra en el intrusivo. El endoskarn está formado por las siguientes unidades litológicas: endoskarn rosa (22), endoskarn café (20) y endoskarn rosa diópsido (23).

De la misma manera que con el exoskarn y desmorte, se hizo un análisis espacial de manera individual de los 43 elementos, comparando el intrusivo y el endoskarn identificándose que el calcio y el potasio eran los elementos cuyos valores cambian drásticamente en el contacto entre ambos grupos geológicos.



Calcio por unidades litológicas principales

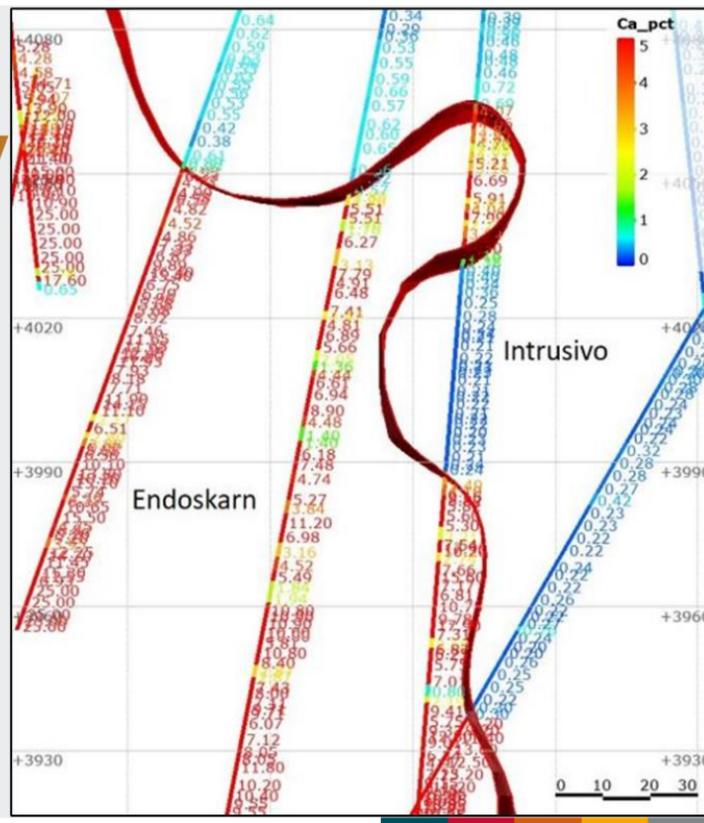


El intrusivo esta claramente diferenciado de las demás unidades litológicas principales

Calcio en el contacto entre endoskarn e intrusivo

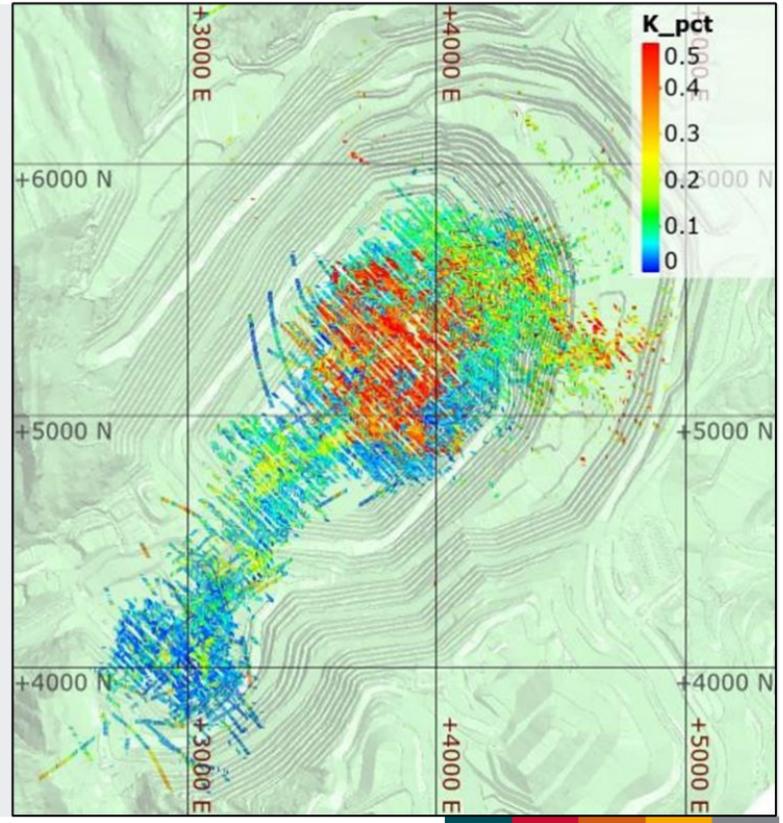
Los valores de calcio en el endoskarn, son mayores que los valores de calcio en el intrusivo, habiendo un cambio drástico de estos valores en el contacto.

Esto quizás se deba a la presencia de calcita por la formación del endoskarn.

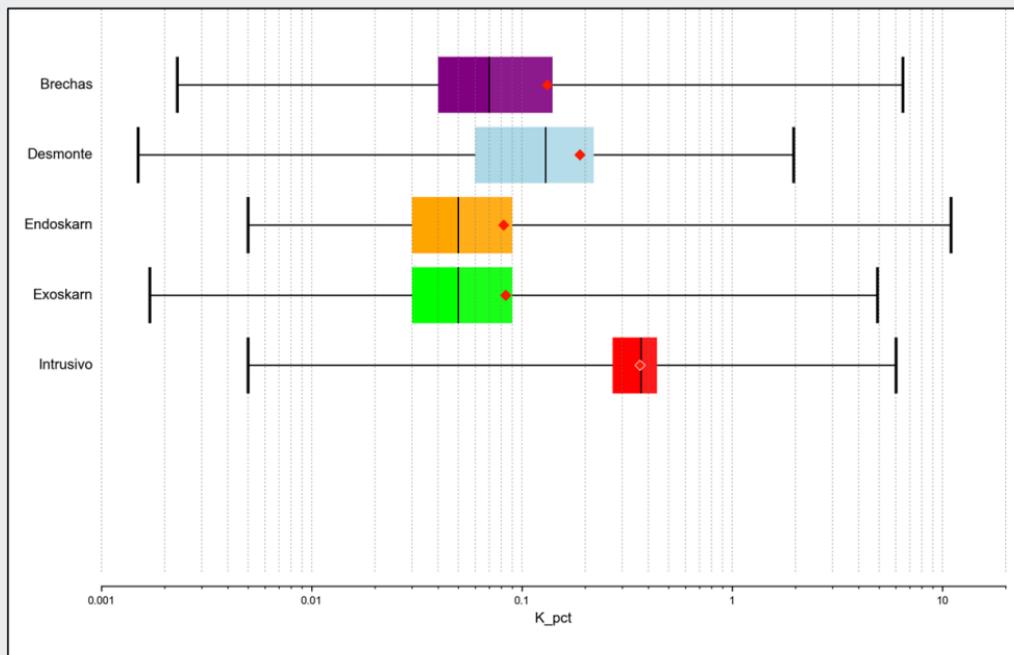


Potasio en endoskarn e intrusivo

Se observa, aunque no muy claramente, una distribución relativa de valores altos de potasio en el centro y norte (intrusivo) y valores bajos en los bordes (endoskarn).



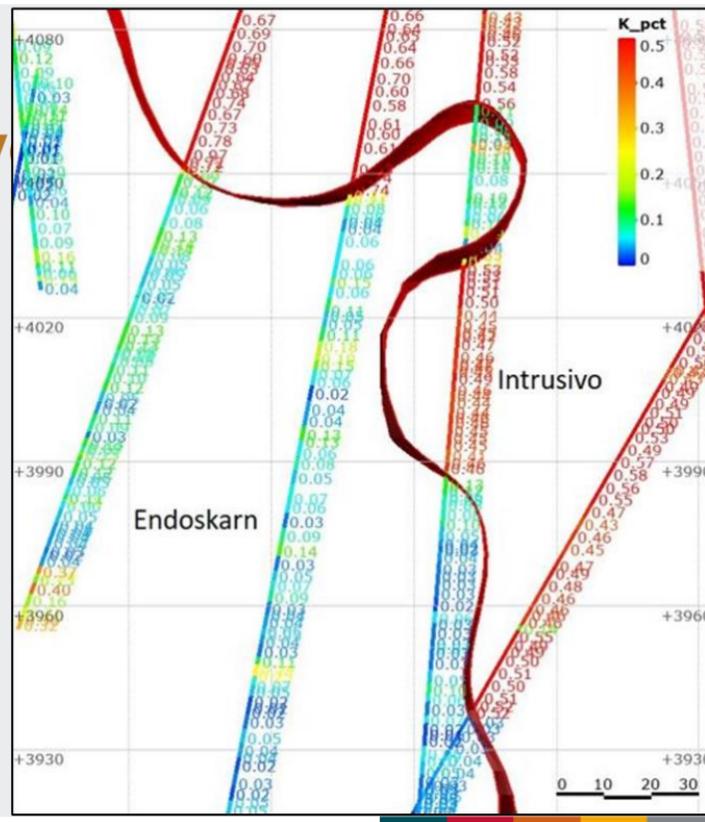
Potasio por unidades litológicas principales



Los valores de potasio en el intrusivo son mayores que los valores de los otros grupos de roca. Como consecuencia de estas consideraciones, el valor de 0.15% en potasio podría marcar un límite preliminar entre intrusivo y endoskarn.

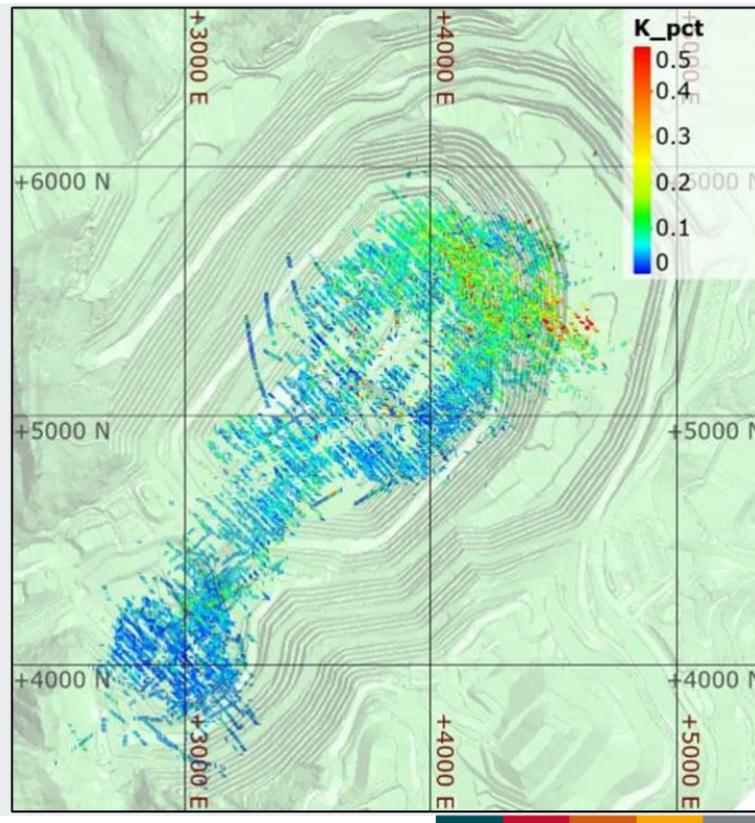
Potasio en el contacto entre endoskarn e intrusivo

Los valores de potasio en el endoskarn, son menores que los valores de potasio en el intrusivo, habiendo un cambio drástico de estos en el contacto.



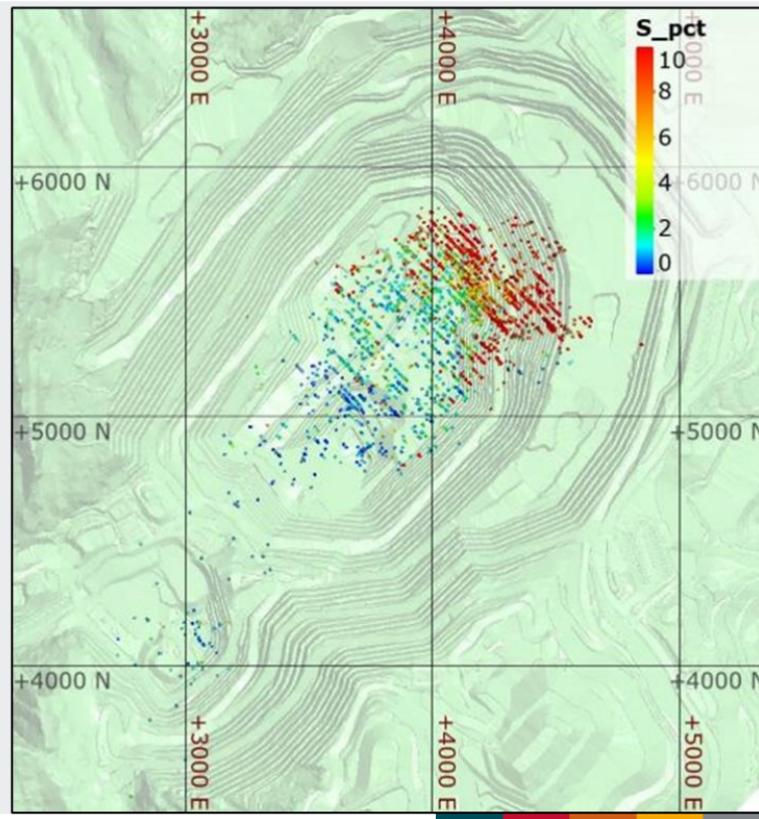
Potasio en endoskarn

En el sector noreste del depósito el endoskarn muestra valores más altos a 0.15% de potasio respecto a la parte central y suroeste.



Azufre en endoskarn

Gran parte de los intervalos con valores superiores a 2% de azufre coinciden con los intervalos con valores de potasio superiores a 0.15%.



Presentación y discusión de resultados

Como consecuencia de este análisis se establecieron los siguientes patrones que nos permitieron identificar cuando un intervalo necesitaba relogearse.

Cuando la unidad litológica logueada es caliza (10), hornfels (13), mármol (16) o mármol diópsido (19) y el estroncio es menor que 100 ppm.

Cuando la unidad litológica logueada es hornfels diópsido (14) y el estroncio es menor que 50 ppm.

Cuando la unidad litológica logueada es, exoskarn de granate café verde (31), exoskarn de granate verde (32), exoskarn de diópsido (34), exoskarn de wollastonita y granate café verde (36) o exoskarn de wollastonita y granate verde (37) y el estroncio es mayor o igual que 400 ppm.

Cuando la unidad litológica logueada es intrusivo (1), el calcio es mayor o igual que 2% y el potasio es menor que 0.15%.

Cuando la unidad litológica logueada es endoskarn café (20), endoskarn rosa (22) o endoskarn diópsido (23), el calcio es menor que 2%, el potasio es mayor o igual que 0.15% y el azufre es menor a 2%.

Se estableció un mecanismo de alertas, enviadas automáticamente por correo electrónico, cuando las leyes eran reportadas por el laboratorio externo y al compararse con la litología previamente logueada, no cumplían los patrones previamente establecidos.



Conclusiones

El establecimiento de este mecanismo de control de calidad del logueo geológico basado en leyes no implicó gastos adicionales.

En el 80% de los intervalos revisados por no cumplir los patrones de estroncio para diferenciar entre exoskarn y desmonte se cambió la litología primaria.

Se actualizó el modelo geológico en las zonas donde se cambió la litología como consecuencia del relogueo.

Se identificaron aquellos intervalos de los sondajes, hasta el año 2018, en los que no se cumplían los patrones en calcio, potasio y azufre para diferenciar entre intrusivo y endoskarn para que puedan ser relogueados.



CONSTRUYENDO
JUNTOS UN
PERÚ MEJOR



FORO DE
TECNOLOGIA
INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

