

CONCURSO DE LA HIDROGEOLOGIA SUBTERRANEA EN LA VALORACION DE YACIMIENTOS

García-Caro, P.

ABSTRACT: For the establishment plan, about investment and exploitation of the ore deposit, necessary must be know the parametric measure that, conjugated with the market position, permit cipher the final expectancy of profit. So more sure will be, as more bigs is the grade of knowledge of the ore deposit. Do not consider the incidence of the underground water action, in the stage of evaluation, will be possible to carry at the collapse project.

RESUME: La programmation d'un plan d'investissements pour la mise en exploitation d'un gisement minier, prend, comme éléments de base, des paramètres mesurables qui, conjugués avec des expectatives des marchés, permettent de chiffrer quelques espoirs de bénéfice, d'autant plus sûrs que le degré de connaissance du gisement est grand. Ne pas considérer judicieusement l'incidence des eaux souterraines sur l'étape d'évaluation, peut conduire à l'échec du projet.

RESUMEN: La programación de un plan de inversiones para la puesta en explotación de un yacimiento minero, toma, como elementos de base, unos parámetros medibles, que, conjugados con unas expectativas de mercados, permiten cifrar unas esperanzas de beneficio, tanto más ciertas cuanto mayor es el grado de conocimiento del criadero. No considerar ponderadamente la incidencia de las aguas subterráneas, en la etapa de evaluación, puede llevar a la ruina del proyecto.

Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya-España, S. A.

SIAMOS-78. Granada (Españo)

La estimación de la rentabilidad de un negocio minero, se realiza generalmente sobre unas bases o niveles de información, afectados de un índice de incertidumbre, tanto mayor cuanto más escasa sea dicha información.

El costo de los equipos, la evolución del coste de los factores de producción, e incluso la evolución del valor de la producción, pueden ser estimados con gran exactitud, para todo el período de tiempo que dure la explotación.

Análogamente, puede obtenerse un alto grado de certidumbre en la evaluación de las reservas o tonelajes a extraer y sus correspondientes calidades.

Pero, junto a estos parámetros fiables, intervienen otros, cuya determinación es frecuentemente incierta, y cuya incidencia en el balance final es siempre decisiva. Dilatar el período de implantación, es equivalente a una mayor inversión inicial. Obtener un mayor coste de explotación del inicialmente previsto, equivale a reducir en esa proporción el beneficio esperado.

De las diferentes causas que pueden incidir en el sentido negativo antes apuntado, destacamos la presencia del agua subterránea que, en determinadas circunstancias, puede incluso hacer inviable un proyecto minero.

Si, en la evaluación del proyecto, se ha realizado una valoración cierta de la incidencia de las aguas subterráneas, habremos mejorado nuestra posición al reducir el índice de incertidumbre, y no sólo eso, pues el conocimiento de las posibilidades de aguas subterráneas en los terrenos de asiento de la proyectada explotación o en sus proximidades, puede incidir fuertemente en la inversión programada, sustituyendo costosas soluciones.

Tratamos aquí de hacer una llamada de atención, pues que resulta extraordinariamente frecuente presenciar el inicio de ambiciosos proyectos mineros que, basados en un complejo acúmulo de datos obtenidos como consecuencia de prolijas investigaciones y elaborados con técnicas de cálculo muy sofisticadas, dejan en el olvido lo que puede, en su momento, representar un aspecto fundamental para la viabilidad del proyecto en cuestión.

Así, hemos presenciado que, tras exhaustivas campañas de geoquímica y geología de superficie, se han implantado y ejecutado cerradas mallas de sondeo, impuestas por consecuencia de dudosas aplicaciones, que tratan de representar, por un determinado algoritmo o modelo matemático, cuál es la evolución de las mineralizaciones, estableciendo correlaciones de contenidos, zonas de influencia, etc., que ofrecen elegantes justificaciones para determinadas anomalías y que, eso sí, suelen acompañarse de espectaculares programas y listados de ordenador. Pero en los que en ningún momento se hace mención, siquiera remota, a la existencia o no de aguas subterráneas, ignorando que, en general, los terrenos sirven, o pueden servir, de asiento a corrientes subterráneas.

SIAMOS-78. Granada (España)

El diseño de los taludes en una explotación a cielo abierto, se realiza sin considerar la influencia que sobre las características mecánicas resistentes de las formaciones rocosas, tiene el desplazar el nivel freático; cuando, conociendo los parámetros hidrogeológicos de las mismas, transmisibilidad, permeabilidad, etc., pueden preverse los efectos de la presión de corriente, que aparece por el flujo del agua, ejerciéndose sobre los granos de terreno en el sentido del flujo y que puede, en determinadas circunstancias, provocar la ruina del talud.

Recientemente, un importante proyecto minero ve cómo se ha desfasado su fecha de entrada en explotación, ocasionando una pérdida de producción del orden de 50.000 Tm. de concentrados de cinc y 15.000 Tm. de concentrados de plomo. La causa principal: el desconocimiento de las características hidrogeológicas de la zona. La supuesta inexistencia de recursos hidráulicos para atender las necesidades del taller de concentración, indujo a construir un embalse de regular capacidad, en el que acumular los caudales suficientes para el proceso, el cual se realizaría en circuito cerrado, esto es, recuperando, tras su decantación y clarificación, las aguas contenidas en la salida de estériles, los que, a su vez, serían utilizados como relleno de la mina.

El terreno, asiento del embalse, resultó estar constituido por una caliza con abundante fisuración. Sin entrar en más detalles sobre el particular, significamos que el vaciado del embalse se produjo en el momento en que las aguas filtrantes descolmataron las grietas anteriormente rellenas de arcillas y acarros de superficie. Tras esto, hubo de procederse a la impermeabilización del vaso, mediante costosas operaciones de inyección de cementos.

Tal vez, en la base de estas calizas, pudieran haberse implantado captaciones de caudal suficiente para atender a las necesidades del proceso.

Para el siguiente ejemplo, del que disponemos de una información más completa, presentamos una solución que, a buen seguro, hubiese sido la más eficaz y de menor costo.

Una formación mineralizada en Plomo/Zinc/Cobre venía siendo objeto de beneficio por una modesta explotación, que alcanzaba a -180 m. medidos desde la bocamina y sobre una extensión de 350 m. en dirección.

Se realizó una intensiva investigación geológica, complementada con sondeos mecánicos desde el exterior, detectándose la existencia de mineralización económica sobre un yacimiento o criadero que, al contacto con una formación de pizarra, se encuentra sobre una caliza; en posición subvertical, con potencias de 2 a 5 m., presenta una extensión lateral de varios kilómetros, habiéndose constatado su extensión en profundidad a 600 m.

SIAMOS-78. Granada (España)

Los niveles portadores de mineralización se extienden bajo una sucesión de concesiones y permisos, de las cuales, en dos, se habían realizado las labores ya mencionadas. En las proximidades de esa explotación, la serie estratigráfica es cortada de través por un río, cuyo cauce se encuentra a -192 m. de la bocamina. Es característica del entorno aflorante la existencia de cavernas y fracturas del tipo karst.

No resulta difícil suponer que, precisamente las labores más profundas de la mina, se encontraban a la cota correspondiente a la superficie piezométrica del acuífero soportado en la caliza fracturada. El desagüe establecido a ese nivel alcanzaba a un orden de 3 metros cúbicos/hora; es decir, bastante reducido. Pero, y por bajo de ese nivel, en la zona del acuífero saturado?

Determinada la macroestructura del yacimiento, se estableció un programa de trabajos mineros, que pretendían el acceso a los niveles profundos, confirmación de resultados de investigación, preparación, si procede, y puesta en explotación.

De las diferentes opciones, se adoptó la profundización de rampas de sección de 4'5 x 3'7 m., al 17 % de pendiente, aptas para la utilización de maquinaria y equipos actuales. Los rendimientos de avance se estimaron en 100 metros/mes, en organización de trabajo a tres turnos de siete horas, sobre los que se realizarían los ciclos de arranque / carga y transporte a exterior.

La progresión del avance en rampa, hasta el antiguo nivel 180, se realizó efectivamente al ritmo previsto, siendo las desviaciones imputables a causas tales como formación del personal, dificultades de ventilación, etc.

Se constató la existencia de abundante fracturación, consecuencia de la intensa tectónica, grietas de disolución y karst, algunas de regulares dimensiones, constatándose asimismo que el agua de infiltración, debida a las lluvias, discurría por la red de fracturas, hasta sumirse a cotas aún no alcanzadas.

El programa de trabajos proyectados dedicaba un capítulo a desagüe, pero en un tratamiento superficial, estimándose unas necesidades mínimas de potencias a instalar, equipos de bombeo de reducido caudal, conducciones de pequeño diámetro, etc., cuya incidencia en el futuro coste resulta de muy escasa entidad. Y, en cuanto a la incidencia sobre la inversión prevista en primera etapa, no alcanzaba al uno por mil. Es decir, se ignoró totalmente la posibilidad de aguas subterráneas.

En noviembre de 1976, ya en el entorno de la cota -180, la efusión de agua en el avance entorpecía las operaciones de barrenado, carga de explosivo y

SIAMOS-78. Granada (Españo)

desescombro; resultando insuficientes los equipos disponibles, hubo de procederse a la sustitución de los mismos, improvisar instalaciones, etc. Aun disponiendo de equipos de potencia suficiente, los caudales a evacuar hacían sentir su acción, pues alcanzaba a 80 metros cúbicos/hora, con máximos ocasionales de 250 metros cúbicos, pero ello en circunstancias de pluviosidad intensa. Las mayores precipitaciones observadas, se han cifrado en 270 litros/m². /mes.

El deterioro de los rendimientos resultó escalofriante y, consecuentemente, el aumento de los costos unitarios se produjo hasta cotas insoportables. El rendimiento por mes del avance pasó, de una media de 79'2 m. a 36'2 m.

Se suspendieron los avances a la cota 235, encontrándose el caudal estabilizado en 80 metros cúbicos/hora. Si tenemos en cuenta que transcurrieron 11 meses, desde la aparición del agua hasta la suspensión del avance, resulta una pérdida total de 11 x 43 = 473 m. en el avance descendente, que representan 80 m. en altura. Es decir que, a la fecha de suspensión, se hubiese alcanzado cotas próximas al nivel 315, en lugar del 235, lo que permitiría un reconocimiento más extenso de la formación mineral. Naturalmente, a estas pérdidas de rendimiento, debemos añadir el costo adicional de los equipos.

Según hemos podido ver. en los dos casos expuestos, las previsiones realizadas han sufrido un deterioro de considerable magnitud. Naturalmente, dependerá del tipo de yacimiento, el que tal o cual empeoramiento de las expectativas sea o no soportable.

Al estudiar la explotabilidad del yacimiento y una vez determinadas la evolución de contenidos y los tonelajes beneficiables, llegamos al punto de dimensionar la inversión y estimar el coste de explotación. Ambos parámetros serán los definidores del contenido mínimo en metal beneficiable o ley de corte, factor éste que se obtiene a partir de los anteriores, una vez sea conocido el valor del punto metal, que, a su vez, se determina con escaso margen de error, excepción hecha de las posibles variaciones de cotización. Así, la ley de corte viene dada por :

$$L_c = \frac{i + c}{V_p}$$

En la que i es la inversión necesaria, por tonelada a beneficiar, a l precio de coste c . Siendo V_p el valor del punto metal, en función de :

- Rc, rendimiento de la concentración,
- Lc, ley de los concentrados
- Pc, valor de la tonelada de concentrados

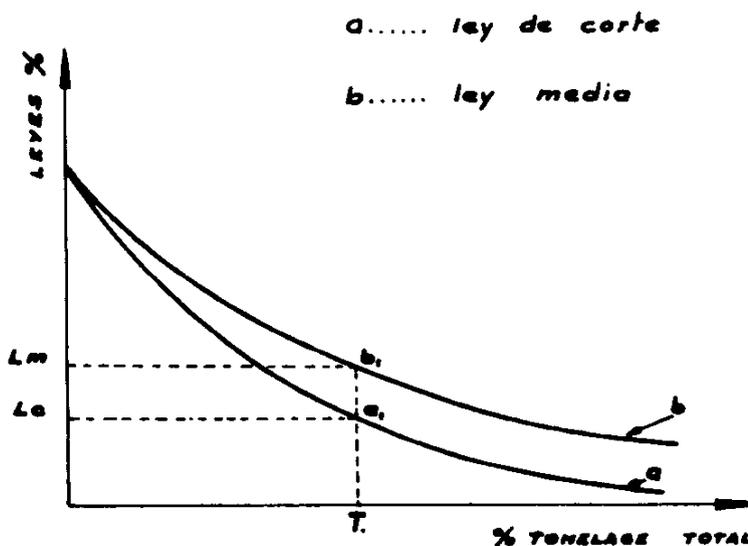
SIAMOS-78. Granada (España)

viene dado por la expresión

$$V_p = \frac{R_c}{L_c} \times P_c$$

Del análisis de la expresión anterior, concluimos que la invariabilidad de L_c se produce cuando permanecen constantes ($i \pm c$) y V_p . En condiciones normales de mercado, las variaciones que pudieran producirse serían en el mismo sentido y en cuantías proporcionales, lo que constituye una garantía de constancia de L_c para determinados plazos.

La rentabilidad de la futura explotación aparece íntimamente relacionada a la diferencia de contenidos entre L_m , o ley media, y L_c , puesto que el beneficio esperado, por tonelada, será $V_p (L_m - L_c)$. Por tanto, cualquier incremento incontrolado de $i \pm c$ supone un incremento de L_c y, paralelamente, una reducción de $L_m - L_c$, que puede hacerse incluso negativo.



Actualmente, la evolución de los costos se ve agravada por la desfavorable evolución de los mercados de metales, situación que, efectivamente, pudiera ser transitoria, pero es evidente que esta situación, al menos para determinadas sustancias como, por ejemplo, Cu., Zn., no se manifiesta tanto como coyuntural, sino más bien derivada de la propia estructura del sector, lo que obliga a extremar la cautela a la hora de decidir el inicio de una nueva explotación.

SIAMOS-78. Granada (España)

Volvemos, pues, al punto de partida, concluyendo en la imperiosa necesidad de reducir al máximo la incertidumbre y, principalmente, en aquellos aspectos en que los conocimientos actuales lo permiten. Así, en lo referente a la hidrogeología, su aportación puede ser inestimable, en casos como los expuestos.

Si se tiene en consideración que, previamente a la implantación de labores mineras, se dispone de una densa malla de sondeos, resulta evidente la utilización de los mismos en la investigación de los parámetros hidrogeológicos. Los cuales, por otra parte, pueden ser perfectamente interpretados por los geólogos, al mismo tiempo que efectúan la evaluación mineralógica y estratigráfica.

Así, al confeccionar el log. correspondiente, deberían añadirse al mismo los resultados de observaciones realizadas con ese objeto y que van a permitir, tras su posterior análisis, determinar las características hidrogeológicas, para enfocar cuál será el mejor medio de acción, frente a las mismas. Y, lo que es fundamental, permitirán evaluar el costo de la incidencia de las aguas subterráneas en la futura inversión.

En el caso que hemos descrito anteriormente, se trata, en efecto, de una situación extrema, tanto en cuanto a los caudales cortados, como en cuanto a la geometría del yacimiento, que impone un extenso programa de labores de acceso, a consecuencia de la reducida potencia de la capa y la posición subvertical de la misma.

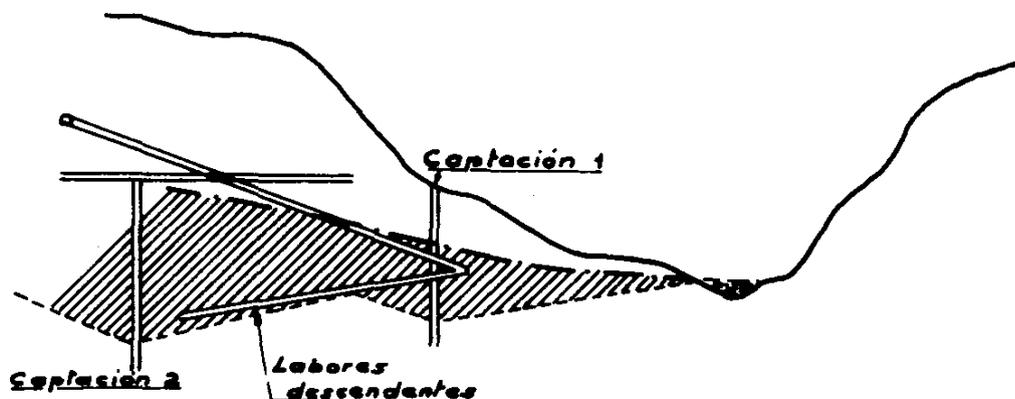
La geometría del yacimiento es, tal vez, el condicionante principal para decidir los accesos en rampa que, si bien no progresan en profundidad, al ritmo de un pozo vertical, sí proporcionan una mayor superficie de capa accesible.

La acción negativa del agua en los avances de rampa ascendente, se suma a las dificultades de ventilación que, sobrepasando los 750 m. en fondo de saco, hacen problemático conseguir los tres ciclos de trabajo en el día. Llegada la rampa descendente a ese desarrollo de 750 m., equivalentes, en general y para las pendientes usuales de, aproximadamente 17 %, a 125 m. de diferencia de la cota, resulta imperativo poder disponer de una canalización o enlace con el exterior, que elimine la ventilación forzada en fondo de saco.

Es en este punto, precisamente, cuando deben considerarse detenidamente las características hidrogeológicas y proceder a su más cuidada ponderación que nos llevará a determinar el punto más adecuado en que pueda establecerse una captación profunda, desde la cual, si no llegar al agotamiento, sí provocar importantes descensos de la superficie piezométrica, de suerte que ésta resulte en todo momento situada por bajo de las labores mineras.

SIAMOS-78. Granada (España)

Un sondeo de explotación de 150 / 200 m. de profundidad y diámetro de 600 mm. es una obra usual en el ámbito de las aguas subterráneas. Bien desarrollado sobre unas calizas kársticas, es también muy normal obtener del mismo caudales de 200 m. cúbicos por hora.



AUMENTO DE LA SUPERFICIE NO ANEGADA
POR EFECTO DEL BOMBEO EN LAS CAPTACIONES 1 y 2

En cuanto al coste de establecimiento de una tal captación, oscila en torno de 2 M. de pesetas, cuya repercusión sobre los 750 m. de rampa a que nos estamos refiriendo, se cifra en, aproximadamente, 2.600 ptas. /m.

Ahora bien: hemos de tener en cuenta que, llegados con las labores de rampa al punto de conectar con el sondeo, puede éste, en el tramo inferior a la intersección, seguir utilizándose como dren, en tanto que el tramo superior puede realizarse a mayor sección e integrarse en el circuito de ventilación como chimenea, bien para retorno de ventilación o para entrada de aire fresco.

Aquí es, precisamente, donde reside la principal ventaja del método propuesto, ya que nos brinda la posibilidad de efectuar el trabajo de preparación y acceso en seco, y disponer de chimeneas para ventilación de esas labores.

Naturalmente, el coste de evacuación al exterior de las aguas subterráneas no podemos eludirlo, ello es evidente, y continuará manifestando su acción sobre el precio de explotación. Lo que sí habremos conseguido es conocer, a priori, la incidencia de las aguas subterráneas sobre ese precio de coste y, lo que es fundamental, habremos reducido en mucho el índice de incertidumbre que existe en todo proyecto minero.