

PONDERACION ECONOMICA DE LOS DIVERSOS METODOS DE INVESTIGACION DE YACIMIENTOS

Aplicación especial en el caso de los yacimientos de uranio

J. A. FERNÁNDEZ AMIGOT

Una vez localizada una anomalía sobre el terreno (yacimiento en potencia), se nos plantea el problema de cuantificar sus estimadores (mineral, metal y ley) para poder definir su rentabilidad. Si se trata de un yacimiento de tipo medio, la investigación deberá de ser muy cuidadosa pues sobre sus resultados puede pesar la responsabilidad de una programación importante y hay que evitar a toda costa el riesgo de ruina. En este sentido es conveniente calcular siempre que sea posible el error que se comete sobre los estimadores. Por otra parte los gastos realizados durante la investigación gravarán en una cantidad más o menos importante la tonelada de mineral extraído.

Podríamos definir la investigación de yacimientos como el arte de reconocer un máximo volumen con un mínimo de inversión para una precisión predeterminada sobre los estimadores.

Se desprende de esta definición que resulta imposible una formulación general que pueda resolver cuantos casos se presenten. Normalmente el geólogo encargado de la investigación, estudiará la misma en un punto muy concreto sobre el cual será el máximo conocedor de datos y el responsable en definitiva de las decisiones a tomar.

Indicamos a continuación algunas de las situaciones que se nos han presentado en la práctica y la solución que se les ha dado.

1.º COMPARACIÓN DE GASTOS DE INVESTIGACIÓN ENTRE SONDEOS DE TESTIGO Y LABORES MINERAS

Aunque cada yacimiento constituya un caso particular, la experiencia e imaginación del geólogo, unida a los datos proporcionados por las labores previas que se realizan en todo yacimiento, serán los datos base para la determinación aproximada de la geometría del yacimiento.

En cualquier caso compararemos el costo de la investigación por unidad de volumen reconocido en una y otra circunstancia.

Es necesario para una comparación de este tipo intuir aproximadamente la retícula de sondeos que resultará más adecuada para el objetivo perseguido, así como el futuro trazado minero si la investigación se hace por galerías.

Ejemplo: mina Fe-3 (Ciudad Rodrigo).—Esta mina había sido reconocida anteriormente mediante sondeos Wagon-drill con una red cuadrangular regular de 10 m. de lado. Como en todos los casos de yacimientos en esquistos de esta área, dichos sondeos sólo aportaron datos cualitativos y morfológicos, por lo que habría que optar para el reconocimiento cuantitativo entre una investigación por sondeos de testigo o labores mineras.

La anomalía superficial ofrecía un aspecto groseramente elíptico con ejes aproximados de 900 y 200 m.

De acuerdo con la experiencia adquirida durante la investigación de la mina Fe-1 distante 1 km. y de características muy similares, era previsible que la mineralización útil no profundizase más de 60 m., por lo que en el caso de un reconocimiento minero habría que realizar dos secciones a los niveles —20 y —40 o bien una sola sección al nivel —30.

En el caso más favorable de una sola sección, el trazado minero sería el de la fig. 1.

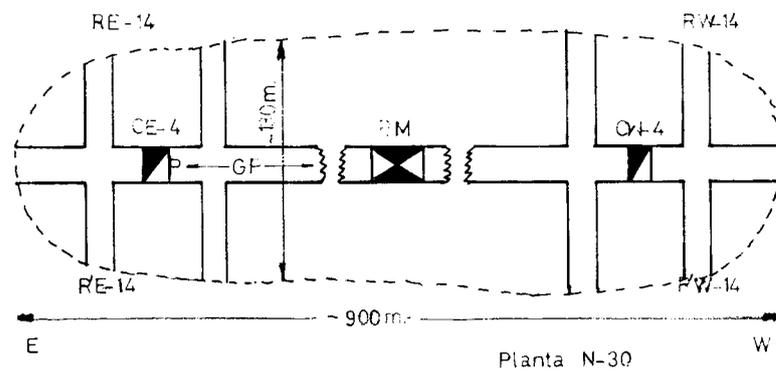


FIG. 1

---- = Límite imaginario del mineral

P.M = Pozo maestro

C = Chimenea

R = Recorte

G.P = Galería principal

- 1) Una galería principal siguiendo el eje de la masa y de una longitud aproximada de 900 m. a P_1 pts./metro.
- 2) Unos 28 recortes de una longitud aproximada media de unos 130 m. cada uno a P_2 pts./metro.
- 3) Unas 8 chimeneas espaciadas en el caso óptimo 100 m. a P_3 pts./metro.
- 4) Un poco maestro de 50 m. a P_4 pts./metro.

Coste global de labores:

Galería principal	900 · P_1 pts.
Recortes	3.460 · P_2 pts.
Chimeneas	240 · P_3 pts.
Pozo maestro	50 · P_4 pts.
TOTAL.....	$m_n \cdot P_n$ pts.
Volumen reconocido	V m ³

Para un reconocimiento hecho por sondeos a malla rectangular de 25 m. según la dirección de los recortes y 50 m. según la de la galería principal* (malla casi equivalente a la cuadrangular centrada de 50 m. de lado que se había realizado en Fe-1), eran previsibles unos 160 sondeos de 60 m. de profundidad media y precio P_s pts./m. En resumen, para reconocer el mismo volumen era preciso invertir $160 \cdot 60 \cdot P_s$ pts.

En el primer caso el gravamen de la investigación por m^3 reconocido era

$$\frac{\sum m_n P_n}{V}$$

y en el segundo caso

$$\frac{160 \cdot 60 \cdot P_s}{V}$$

Comparados estos dos datos se vio que el reconocimiento de $1 m^3$ por labores mineras era aproximadamente dos veces más costoso que el proyectado por sondeos. Como no era previsible una utilidad de las labores mineras en la futura explotación, la elección de sistema no ofreció duda. Se comenzó realizando varios sondeos en puntos estratégicos de la red a 100 m. de profundidad, seguidos de otros a 75 m. Una vez comprobado que la mineralización no rebasaba los 50 m. comenzó la fase sistemática con sondeos de esta profundidad que partiendo del centro se alejaban hacia los bordes hasta determinar la completa morfología del yacimiento al quedar rodeado por una aureola de sondeos negativos.

En este caso disponíamos de equipo minero y equipo de sondeos, por lo que estos últimos resultaron francamente baratos trabajando a gran escala. Es indudable que la disposición de medios es un factor que puede pesar sobre una elección dudosa del método de investigación.

Los errores obtenidos sobre los estimadores de ambas minas fueron del mismo orden de magnitud.

2.º SUSTITUCIÓN DE UN NÚMERO DE SONDEOS TESTIFICADOS POR OTROS NO TESTIFICADOS

En la idea de disminuir los gastos de investigación (sobre todo en el caso de minerales radiactivos) una vez que se ha llegado a una correspondencia entre radiometría y ley para los sondeos de testigo, podría pensarse en sustituir buena parte de los sondeos testificados por otros no testificados realizados con sondeos similares basándonos en la diferencia de precios por metro perforado en uno u otro caso. A este respecto debemos hacer algunas aclaraciones:

a) *Yacimientos de tipo medio heterogéneo*: Por dar un orden de magnitud podría considerarse como yacimiento de tipo medio aquel cuyo volumen oscila entre 0,5 y 2 millones de toneladas. El término heterogéneo se refiere a la irregularidad de la repartición de mineral.

Teóricamente podría suprimirse la fase de sondeos Wagon-drill a malla de 10 m. a la que antes hicimos referencia; y avanzando más, incluso sustituir algunos sondeos

* Una malla cuadrada es la que da más precisión en la estimación de la ley de un yacimiento, en cambio una cierta proporcionalidad entre la retícula de sondeos y la geometría del yacimiento da mayor precisión sobre el volumen.

testificados por otros no testificados (por ejemplo centrando la malla de sondeos testificados con otros no testificados) reduciendo de esta forma los gastos de investigación posiblemente a la mitad.

En la práctica tropezamos con dificultades insoslayables: La primera y fundamental es que tanto en las pruebas de perforación en seco como con inyección de agua sin recuperación, se produce un tapizado muy grande de las paredes del sondeo que falsea totalmente las lecturas radiamétricas, sin posibilidad de extraer de ellas un diagrama limpio que ofrezca garantía por muy espectacular que resulte el método de corrección empleado.

En segundo lugar la retícula de 10 m. servirá para varios objetivos como son: 1.º Limitación del número de sondeos de testigo a realizar y a veces su profundidad. 2.º Orientación de la explotación para prever sus envíos de mineral. 3.º Sustituir a través de coeficientes correctores progresivos según las fases de explotación las superficies de influencia de los sondeos testificados (que superan los 1.000 m²) por otras de 100 m². 4.º Eliminación de anomalías con bajo coste de investigación.

Finalmente, al sustituir parte de los sondeos de testigo por otros no testificados hay que contabilizar el error de correspondencia radiamétrica, los errores sobre los estimadores de una mina media aumentan rápidamente y es fácil sobrepasar los límites admisibles cuando media una programación a corto plazo.

Por estas razones en un yacimiento de tipo medio heterogéneo no es aconsejable efectuar la sustitución.

Si el yacimiento es homogéneo y se consigue un orificio de sondeo limpio podrá utilizarse la correspondencia radiamétrica siempre que sea muy bajo el porcentaje de error de correspondencia sobre el número total de sondeos no testificados. Tampoco es lícito una vez obtenida una correspondencia radiamétrica-ley a partir de sondeos de testigo, terminar la investigación con sondeos no testificados, pues el desequilibrio químico-radiamétrico no tiene por qué ser constante para una misma mina y puede conducir a graves errores sobre la estimación de su ley media. Los sondeos no testificados deben de hacerse sistemáticamente en simetría y concordancia con la red de sondeos de testigo.

En todo caso, si la mina no es marginal, en el sentido de que sobre ella ha de pesar parte de la decisión de un proyecto futuro, lo más seguro es prescindir de la sustitución.

b) *Grandes yacimientos*: En este caso sí será recomendable compaginar la red de sondeos testificados con la de no testificados. Si el orificio del sondeo es limpio mejoraremos la valoración y en caso contrario obtendremos datos cualitativos también interesantes.

Frecuentemente con solo una parte del yacimiento se eliminan riesgos.

3.º COMPARACIÓN DE COSTOS DE INVESTIGACIÓN POR LABORES MINERAS Y CANTERA

Este caso se da con más frecuencia en la fase de explotación, pero es necesario aclarar para el concepto de muchas personas que a veces una pequeña cantera es una auténtica labor de investigación, sobre todo cuando por las características naturales inherentes al tipo de yacimiento, este sólo va a estar bien reconocido después de realizar alguna labor como las antedichas (fig. 2).

Independientemente de la rentabilidad económica de la operación puede plantearse la cuestión siguiente, fig. 2. Para extraer el volumen del cilindro de base S, que es más económico, ¿explotar en mina o en cantera?

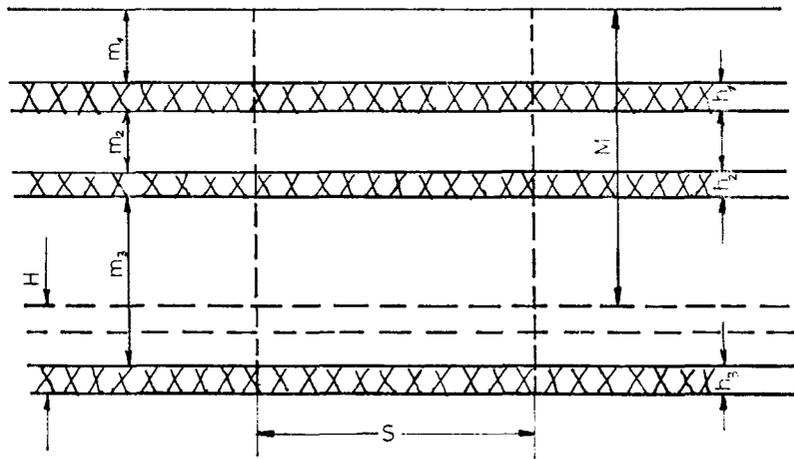


FIG. 2

Sean h_1, h_2, h_3 distintos niveles mineralizados.
 Sean m_1, m_2, m_3 distintos tramos de estéril intercalados.
 Si C_M es el costo de extracción por m^3 en mina
 y C_c es el costo de extracción por m^3 en cantera

$$H = h_1 + h_2 + h_3$$

$$M = m_1 + m_2 + m_3$$

El signo de la desigualdad

$$S(H + M) C_c \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} S \cdot H \cdot C_M \text{ o lo que es igual}$$

$$\frac{H + M}{H} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \frac{C_M}{C_c} \text{ o en definitiva}$$

$$\frac{M}{H} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \frac{C_M}{C_c} - 1 \text{ nos indicará el método a elegir que como se ve}$$

sólo depende de la relación estéril-mineral y de los costes unitarios.

En C_c va incluida la parte alicuota correspondiente al aumento de volumen por el ángulo de talud natural de la roca, y en C_M los correspondientes a labores de preparación, ensuciamiento y pérdidas inherentes al método de explotación.