

EXPLORACIÓN MINERA

INTRODUCCIÓN

Se acostumbra decir que la Minería es la Madre de todas las Industrias, por ser ella quién aporta las materias primas que las demás actividades procesan para cubrir las necesidades planteadas por el desarrollo de la Humanidad. De esta industria madre, su primer paso lo constituye la Exploración, esa parte del proceso cuyo objetivo es encontrar y evaluar los yacimientos de minerales útiles para satisfacer la demanda de la sociedad.

Existe cierta confusión con los términos “Prospección” y “Exploración”. La bibliografía de habla inglesa utiliza indistintamente los dos términos, denominando de una forma u otra a la secuencia de tareas que van desde el “reconocimiento” de una región a fin de detectar una “anomalía mineral”, hasta la evaluación de reservas y su factibilidad de aprovechamiento económico en el depósito mineral descubierto.

La bibliografía rusa es algo más específica, llama “Prospección” a la búsqueda de anomalías minerales: se prospecta una región para encontrar yacimientos y se explora un yacimiento para definir su explotabilidad (Kreiter, 1968).

Según el “Dictionary of Geological Terms”, (BATES & JACKSON, 1984) la Exploración comprende la búsqueda de depósitos de minerales útiles o de combustibles fósiles. En este diccionario no se distingue entre exploración y prospección. El término “minerales útiles” se refiere a minerales económicamente valiosos. Algunos autores como HARTMAN (1987) diferencian exploración y prospección en lo que concierne su objetivo y a partir de este el principio de trabajo aplicado: el objetivo de la prospección es el reconocimiento general de un yacimiento mineral, la exploración está enfocada en un reconocimiento detallado del depósito mineral.

Dejando de lado estos temas semánticos, el hecho importante es que los métodos exploratorios estuvieron durante muchos años atrasados con respecto a las demás etapas de la industria (exploración y mineralurgia), registrándose en estos últimos años avances significativos tanto en las técnicas de teledetección y muestreo como en el procesamiento geomatemático de los datos.

Haciendo algo de historia, Georg Bauer o Jorge Agrícola (*nombre latinizado para adecuarlo a la lengua con que escribió, el latín*) (1494-1555), médico, geólogo, minero, metalúrgico y político alemán renacentista, fue autor del más importante tratado tecnológico minero-metalúrgico de su época - *De Re Metallica* -.

Los sondeos a diamantina hicieron debut a fines del Siglo XIX, lo mismo que la prospección magnética, en el distrito ferrífero del Lago Superior (EEUU). La geoeléctrica se aplica por primera vez en 1880 en Nevada y recién en 1973 se iniciaron algunos modestos relevamientos geoquímicos. Todo esto indica que las técnicas hoy conocidas apenas superan el siglo de antigüedad.

Menciona Peters que, al necesitar la industria mejorar su tecnología para detectar yacimientos, una vez superada la etapa del viejo prospector individual e intuitivo, fue en Europa donde se formaron los primeros graduados en Ingeniería de Minas con base Geológica, quienes vendrían a ser los primeros Ingenieros Geólogos o Geólogos de Minas de nivel universitario. Fue de Freiberg, Berlín, París y San Petersburgo de donde salieron los primeros graduados hacia todo el mundo. Freiberg fue el centro más importante, y hacia 1860, casi la mitad de su alumnado venía de América. Los textos de estudio y consulta siguieron llegando de Europa por lo menos hasta mediados del Siglo XX.

Un enorme paso adelante lo planteó la escuela francesa con De Launay (1913), quien enfatizó la técnica del mapeo metalogénico, caracterizando regionalmente cada mineralización; así aparecieron los conceptos de “provincia metalogénica” y “época metalogénica”, primera etapa hoy de cualquier exploración. Como muy bien dice J. Guilbert (Arizona) “...para encontrar elefantes, lo primero es ir a un territorio de elefantes...”

CONCEPTOS GENERALES

Definición de yacimiento mineral

El término yacimiento mineral presenta diversas acepciones a través del tiempo: Bateman (1951) define yacimiento mineral como “*acumulaciones o concentraciones de elementos que están presentes en la corteza terrestre solo de forma diseminada*”, a esta definición muy geológica, se le ha incorporado últimamente el concepto económico de “*explotación con beneficio económico*”. Así Smirnov en 1976

establece que “*yacimiento mineral es un sector de la corteza terrestre en el que, a raíz de procesos geológicos, se produjo la acumulación de una sustancia mineral, que puede ser utilizada industrialmente, dadas su cantidad, calidad y condiciones del yacimiento, para su explotación comercial*”. En síntesis, un yacimiento mineral es “*un cuerpo geológico constituido por mineralización económicamente explotable*”.

Recursos minerales. Tipos de recursos

Según la Economía, cualquier bien capaz de proporcionar alguna utilidad o beneficio constituye un *recurso*. Cualquier recurso que se puede renovar en un período de tiempo adecuado a nuestra expectativa de vida recibe el nombre de *recurso renovable*, mientras que los que son un legado de la historia de la Tierra y no se pueden regenerar en ciclos acordes a nuestras expectativas de vida son los *recursos no renovables*.

Los recursos minerales son no renovables porque los ciclos geológicos que los forman se expresan en millones de años.

Los recursos minerales presentan características que los hacen claramente diferenciables, a saber:

Recursos minerales metálicos: Se utilizan para extraer metales, son mucho más escasos e irregularmente distribuidos que las rocas y minerales industriales, requieren un proceso de extracción del metal.

Las *Rocas y minerales industriales*: son más abundantes, se utilizan, generalmente, tal como se encuentran en la naturaleza, se producen y consumen en grandes cantidades.

Dentro de este último grupo se encuentran las *rocas y materiales para la construcción* que se caracterizan por tener precios por unidad más bajos, la extracción y procesado es barato, las reservas pueden considerarse infinitas e incluso un tipo puede ser sustituido por otro.

ETAPAS DE UNA EXPLORACIÓN

Objetivos de la exploración

El primero objetivo de la exploración es la localización de una anomalía geológica con propiedades de un depósito mineral, un objetivo de la exploración es la reducción del área de investigación. Comúnmente las áreas en consideración se disminuyen de 2500 - 250.000 km² en la primera fase a 2,5 – 125 km² en la segunda fase y la tercera fase a 0,25 – 50 km² en la última fase (BAILLY, 1966). Otro objetivo común consta en aumentar las ventajas del área prometedoras con respecto a su explotación rentable, como por ejemplo ocuparse de un camino de acceso transitable y de un peritaje del medio ambiente. La exploración se finaliza con el estudio de factibilidad.

La norma elemental en todo proceso de exploración minera consiste en aplicar métodos capaces de abarcar grandes zonas, descartando áreas no favorables con métodos rápidos y muy económicos, para llegar gradualmente a sitios concretos con métodos más caros y precisos. “*Un programa de exploración puede ser muy exitoso cuando logra un claro aumento de las perspectivas de un sitio estudiado, anticipando la decisión final en una o dos etapas, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.*” (P. A. Bailly).

Consideraciones generales

Dentro del estudio de yacimientos se pueden distinguir dos etapas diferenciadas. Una primera es la exploración en sí, que tiene como meta la localización de anomalías causadas por depósitos minerales. Una segunda etapa es la valuación, cuyo fin es definir y evaluar la anomalía. Dentro de la valuación se determina la geometría, extensión y riqueza del yacimiento. Después de que en una zona se han identificado indicios o anomalías mediante técnicas de exploración se determina la masa mineralizada por diferentes métodos de valuación. A continuación, una vez identificado el mineral se muestrea para estimar la ley y el tonelaje que alberga el depósito.

TÉCNICAS DE VALUACIÓN DE RESERVAS

Cuando incursionamos en la etapa de valuación de reservas hacemos uso de técnicas, algunas de las cuales han sido usadas en la etapa de exploración regional, solo difieren en la escala. Entre ellas se

distinguen: técnicas geológicas, técnicas geofísicas, técnicas geoquímicas y toma de muestras mediante sondeos, calicatas o excavaciones.

Técnicas geológicas

La principal técnica geológica que se emplea en la valuación minera es la cartografía geológica. Esta cartografía se realiza a diferentes escalas, en esta etapa las más empleadas 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.000 (de menor a mayor detalle). Es esencial la utilización de cortes geológicos, que se basan en los datos de superficie y se extrapolan en profundidad.

Técnicas geofísicas

Dentro de la valuación minera, al emplear las técnicas geofísicas se debe elegir de entre ellas aquellas que tiene mejores posibilidades para resolver un problema concreto, estableciendo, en función de los conocimientos geológico-mineros que se tienen, que tipo de geofísica se aplica, si la correspondiente a una etapa de exploración, o bien a una de valuación.

En la etapa de exploración los fines de los métodos geofísicos son descubrir y cartografiar estructuras o unidades litológicas no aflorantes, confirmar extrapolaciones y precisar la geometría de los objetivos.

En la etapa de valuación, la geofísica estudia bien la situación y características geométricas del metalotecto litológico o estructural (aplicación indirecta), o bien determina la posición y geometría del propio yacimiento (aplicación directa). Esta última fase, deseable en toda valuación, no es siempre posible.

El reto que la Geofísica tiene constantemente planteado es, por un lado, identificar claramente los yacimientos dentro del medio geológico donde se encuentran, delimitando la geometría, y por otro explorar cada vez a mayor profundidad como consecuencia del continuo agotamiento de los depósitos superficiales.

A continuación se listan los métodos que se usan con más frecuencia en la valuación de yacimientos metálicos.

- a. Método magnético
- b. Método gravimétrico
- c. Métodos electromagnéticos
- d. Método de polarización inducida
- e. Métodos eléctricos
- f. Métodos sísmicos

Técnicas geoquímicas

La utilización de la exploración geoquímica en la búsqueda de yacimientos se basa en la premisa fundamental de que la composición de los materiales próximos a un yacimiento es diferente de cuando el yacimiento no existe. Las acciones físicas y químicas, externas y posteriores a la formación del yacimiento originan removilizaciones de los elementos que componen el yacimiento. La fijación posterior de éstos da lugar a contenidos anómalos, cuya detección puede contribuir a localizar su origen, es decir, el propio yacimiento.

Los principales tipos de exploración geoquímica son:

- a. Muestreo en rocas: Este tipo de muestreo incluye las rocas superficiales, materiales de filones y capas y trabajos subterráneos.
- b. Muestreo en redes de drenaje: Incluye muestreos de sedimentos de corrientes de agua, lagos y aguas subterráneas.
- c. Muestreo de suelos: En este tipo de investigaciones se incluyen el muestreo superficial y profundo de suelos, de suelos transportados y de suelos residuales.
- d. Muestreos biogeoquímicos: Incluyen el muestreo de hojas y tallos de la vegetación.
- e. Muestreos geobotánicos: Consiste en la interpretación de la relación entre la litología y los diferentes tipos de vegetación.

Con los resultados obtenidos mediante estas técnicas se confeccionan mapas de isovalores (isoconcentraciones), que permiten discriminar entre zonas de anomalías geoquímicas y zonas de "background" (valores de fondo regional).

Otras técnicas de valuación

Otras técnicas de valuación de yacimientos son los sondeos, las calicatas y las labores mineras.

Las calicatas se emplean cuando el yacimiento está cerca de la superficie y cubierto con otros materiales que lo ocultan. Las calicatas son trincheras que se abren con una excavadora o pala mecánica hasta llegar a la roca mineralizada.

Cuando el yacimiento está a profundidades mayores de 3 m se realizan sondeos, pozos o túneles. En este tipo de excavaciones se necesita maquinaria de tipo minero.

Un sondeo es un taladro de sección circular que se realiza desde la superficie hasta el yacimiento. Existen tres métodos fundamentales de perforación de sondeos. Un primer método consiste en la perforación mediante corona de diamantes. En este sistema se recupera el núcleo del sondeo (testigo) casi intacto. La perforación se realiza girando la corona cilíndrica de acero con trozos de diamante o pastillas de carburo con la roca.

El segundo método es el de perforación ciega con triconos. Se basa en hacer girar una pieza especial con dientes o botones que arrancan y trituran la roca. En este método no se obtiene un testigo continuo, sino ripios o detritus. Los detritus se recuperan a partir de la circulación del lodo o aire que se emplea en el sondeo.

El tercer método de perforación es el de percusión, que se aplica en rocas duras. La penetración en la roca se realiza golpeando la misma con un cuerpo de acero con botones de carburo de tungsteno, mediante un martillo hidráulico o neumático que genera los golpes o impactos. Al igual que en el caso anterior, con este método no se recupera un testigo continuo sino el detritus que se produce durante el avance.

Las labores mineras de valuación (galerías, piques) pueden ser muy interesantes cuando se quiere conocer con bastante precisión las características de la mineralización "in situ", y permiten extraer muestras para su procesamiento en el laboratorio y en planta piloto.