

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DEPARTAMENTO MATERIAS PRIMAS

ESTIMACION DE RESERVAS
DE MINERALES

por

JOHN A. PATTERSON

BUENOS AIRES

Febrero de 1960

Comisión Nacional de Energía Atómica
BIBLIOTECA

ESTIMACION DE RESERVAS DE MINERAL

por John A. Patterson

Traducción del artículo: "Estimating
ore reserves follows logical steps"
(Engng. Min. J., v. 160, no. 9,
pp. 111-115, Setp. 1959).

Buenos Aires, Febrero de 1960.

ESTIMACION DE RESERVAS DE MINERAL

En una reciente revisión del diccionario "Noah Webster" se definió la palabra reserva como "lo que está reservado; un depósito; algo acumulado; una provisión extra". La expresión mena podría ser definida como una mate ria mineral que se halla en la naturaleza en tal cantidad, ley y configuración que su extracción de la tierra resulte provechosa. Por lo tanto una reserva de mineral, debiera ser el "stock" de material económicamente extraíble de un depósito mineralizado.

La determinación de una reserva de mineral debe basarse en informaciones que van desde específicos ensayos y mediciones hasta el conocimiento geológico sobre la posición y hábito del cuerpo mineralizado. El grado de seguridad y por lo tanto el valor de una estimación de reservas de mineral depende principalmente de la cantidad y calidad de los datos concretos disponibles y de la ubicación de los puntos que esos datos representan. A medida que nos desplazamos desde un área del cuerpo mineralizado donde existen amplias evidencias de las dimensiones y ley de la mena, hacia partes desconocidas o no tan bien exploradas del cuerpo mineralizado, nos vamos similarmente alejando de una estimación de reservas en la que se puede confiar enteramente, hacia otra menos segura. El conocimiento geológico y la experiencia con respecto a los cuerpos mineralizados en un área dada se vuelven más importantes a medida que los datos del muestreo están más espa ciados.

El conocimiento geológico y la experiencia aplicados a la estimación de reservas de mineral, deben ser específicos y no basados en la especulación. Los que estamos en la industria minera donde se necesita un poco de optimismo para sobrevivir, a menudo nos inclinamos a arribar a conclusiones para las cuales existen pocas evidencias. Frecuentemente nos hallamos en la situación de aquel grupo de ciegos que tropezó con un elefante.

El que tocó el costado del elefante supo que se trataba de algo grande; y pensó en una casa. El que examinó una pierna pensó que era un árbol; y el que tocó la cola pensó que era una víbora aunque no tuvo mucho fundamen to para decidir si el objeto era muy grande. Cada uno de estos hombres necesitó ampliar su examen antes de poder arribar a una conclusión precisa.

Definición de las clases de reservas

Reconociendo el problema de los diversos grados de exactitud en la estimación de reservas, de acuerdo con los datos básicos obtenibles, han sido establecidas varias clases, de modo que al utilizar las distintas informaciones se pueda saber de qué tipo de reserva se está hablando. Las expresiones de positivo, probable y posible han sido usadas durante muchos años en la industria minera. Un sistema más reciente de clasificación ha sido establecido por el U.S. Geological Survey y el U.S. Bureau of Mines. Este sistema, adoptado en 1943 por aquellos organismos y ahora de uso corriente en la industria, emplea los términos medido, indicado e inferido. Estas clases, también usadas por la U.S. Atomic Energy Commission, son definidas del siguiente modo:

Mineral medido: es aquel cuyo tonelaje ha sido computado de acuerdo con las dimensiones reveladas en afloramientos, trincheras, labores subterráneas y perforaciones, computándose su ley en base a los resultados obtenidos del muestreo detallado. Los lugares elegidos para la inspección, muestreo y medición se hallan tan cerca uno del otro y el carácter geológico está tan bien definido, que el tamaño, la forma y el contenido mineral pueden ser perfectamente establecidos. Se juzga que la exactitud del cómputo de tonelaje y ley debe hallarse dentro de límites establecidos, y dicho límite no deberá diferir en más de un 20% del tonelaje o de la ley computada.

(Esta clase no es comúnmente diferenciada por la AEC, sino que es incluida en el mineral indicado).

Mineral indicado: es aquel cuyo tonelaje y ley han sido computados en parte, como consecuencia de mediciones específicas, muestras o datos de producción y, en parte, mediante la proyección hasta una distancia razonable de las evidencias geológicas. Los lugares asequibles para la inspección, medición y muestreo son demasiado distantes, o bien, inapropiadamente espaciados como para delimitar por completo la mena o para establecer exactamente su ley.

Mineral inferido: es aquel para el cual las estimaciones cuantitativas se basan principalmente en el vasto conocimiento de la naturaleza geológica del depósito y para la cual hay pocas, si es que existen, muestras o mediciones. Las mediciones se basan en una supuesta continuidad o repetición para la cual existe evidencia geológica; esta evidencia puede estar basada en la comparación con depósitos de tipo similar. Los cuerpos que se hallan completamente ocultos pueden ser incluidos, en caso que haya evidencia geológica específica de su presencia. En las estimaciones de mineral inferido, debieran establecerse los límites espaciales dentro de los cuales pudiera yacer el mineral inferido.

Estas definiciones para las clases de reservas de un yacimiento, establecen, en esencia, las siguientes ideas: el mineral medido es computado mediante los resultados obtenidos de una medición y muestreo detallados. Estas mediciones y los sitios de muestreo deben estar muy cerca unos de otros de modo que el tonelaje y la ley puedan ser estimados lo más precisamente posible. Las estimaciones de mineral indicado son computadas en parte por medio de mediciones y muestras específicas y en parte mediante la proyección basada en la evidencia geológica. Las estimaciones del mineral inferido se basan principalmente en el conocimiento general de la naturaleza del depósito. No obstante, antes de establecer la reserva de mineral inferido, debe demostrarse la existencia del depósito mediante una evidencia específica tangible, tal como muestras de la mena obtenidas de los afloramientos, sondeos o laboreos subterráneos, o por medio de determinaciones radiométricas de la ley del mineral en base al perfilaje de sondeos. Así una reserva de mineral inferido no puede ser establecida sólo por deducción geológica. Aún cuando la evidencia específica del yacimiento metalífero es necesaria, en verdad puede no contarse con muestras de los bloques inferidos que han sido extrapolados desde el mineral indicado adyacente.

El análisis gráfico de las clases de mineral definidas previamente es presentado en la Fig. 1. Allí se muestran los tipos mínimos de conocimiento requerido así como la calidad y amplitud de dicho conocimiento. Una categoría "potencial" ha sido agregada para completar el análisis y mostrar la relación entre la clase de reserva de mineral inferido y el mineral potencial. A menudo hay una fina división entre las diversas clases, cuando se estima realmente la reserva de mineral, a pesar de que cada clase posee ciertos atributos característicos, que en algunos ejemplos típicos se muestran en la Fig. 2.

Al observar la columna de la clase "medido" de la Fig. 1, comprendemos la necesidad de la obtención de datos precisos y completos con respecto a la ley y dimensiones del block. En circunstancias en que tenemos mineral medido, la información geológica está frecuentemente bien desarrollada; pero solamente es necesario conocer y usar la información sobre el tipo de depósito (veta, reemplazo de estratos, etc.) que se nos presenta, para poder llevar a cabo correctamente nuestro muestreo, mediciones, y subsiguientes interpretaciones. El muestreo y las mediciones se combinan en un proceso inductivo para proporcionarnos nuestra respuesta.

En la clase "indicado", la ley y los datos espaciales no son tan completos o tan bien definidos como para el mineral medido. Frecuentemente existe una dimensión a lo largo de la cual no es posible obtener muestras o mediciones reales del mineral. Por lo general, esta dimensión es paralela al plano del cuerpo mineralizado. Por lo tanto, para poder estimar correctamente el mineral que se encuentra en esta dimensión debemos obtener

una mejor información geológica sobre los detalles del carácter del cuerpo mineralizado, que la que poseemos para el mineral medido. Sin embargo, la cantidad de datos específicos que se poseen es suficiente y están situados de modo tal, que, con el uso adecuado del conocimiento geológico, podemos realizar una estimación precisa. La distancia entre los puntos de muestreo sobre los cuales el mineral puede considerarse indicado variará desde alrededor de 1 m en cuerpos mineralizados muy erráticos hasta alrededor de 60 m para aquellos extremadamente largos y continuos.

En la clase "inferido", los datos específicos son sólo una parte de los requeridos para la clase "indicado". La distancia entre los puntos de muestreo puede ser demasiado grande o, si la extrapolación se efectúa desde un block indicado adyacente, podría no tenerse dato alguno de muestreo dentro del block. Puesto que una extrapolación de mineral se basa considerablemente en la geología, dicha geología debe ser bien establecida para el depósito y el distrito minero en estudio.

Las distancias sobre las cuales el mineral podría ser inferido varían desde unos pocos decímetros hasta varias decenas de metros en contados casos. Es imposible establecer la distancia específica a usar en cualquier situación general a causa de la variación entre los distritos mineros y entre los cuerpos mineralizados que se hallan dentro de dichos distritos. La información correspondiente a cada depósito debe ser considerada en relación a las características particulares del lugar en que se encuentra el depósito.

Debiera tenerse presente que aquellas estimaciones hechas sin la base de un conocimiento geológico bien establecido y una experiencia con respecto a los cuerpos mineralizados de la zona, deben considerarse meras conjeturas con respecto a las reservas de mineral que podrían ser desarrolladas siempre y cuando ciertas hipótesis fueran exactas y se llevara a cabo una ulterior exploración. Los números derivados de dicha especulación geológica son interesantes y representan una ayuda para el planeamiento de programas, aunque no se les debiera dar el título de "reserva mineral" pues ello podría interpretarse como algo basado en los hechos en vez de la especulación (Ver Fig. 2).

Cálculo de las reservas

El proceso real para calcular la reserva de mineral consta de las siguientes etapas: (1) Análisis de los datos básicos para determinar los puntos de muestreo en los que se sabe que existe mineral, (2) Delimitación de los blocks de mineral de acuerdo con nuestra interpretación, clasificando la reserva dentro de las categorías medido, indicado o inferido, siempre en dependencia con el criterio que impere para establecer el block, y (3) Cómputo de las dimensiones del block, el volumen de la mena, el tonelaje, y la ley media.

Análisis de los datos

En el análisis de los datos, la etapa inicial comprende dos decisiones: primero, la determinación de la exactitud de los datos y cómo ellos debieran usarse; y segundo, qué debe considerarse mena.

Probablemente los datos disponibles más realistas son los proporcionados por los ensayos y mediciones de testigos, cuando la recuperación del testigo es muy alta, y por las muestras en canaleta cuidadosamente extraídas. Cuando la recuperación del testigo es baja o cuando las muestras de canaleta son en realidad muestras en esquirlas tomadas sin cuidado, los datos podrían ser muy engañosos. En ciertos casos en donde la recuperación del testigo es baja, el material perdido constituye las fracciones con ley más alta y los resultados de los ensayos realizados con el testigo son más bajos de lo que debieran ser. En otros casos, el material de ley más alta es retenido, mientras que la roca huesped, de ley más baja, se pierde haciendo que los ensayos llevados a cabo con el testigo resulten más altos de lo que debieran ser. La recuperación cuidadosa del "sludge" podría ser tomada como base para una corrección fidedigna. Cuando se cortan muestras en esquirlas, es fácil obtener una proporción mayor de los materiales más blandos. Cuando estos materiales blandos son la fracción de ley más alta, el muestreo producirá una ley más alta que la que verdaderamente existe. El muestreo cuidadoso de las venillas individuales del mineral ayudará a resolver este problema. Se tropieza con problemas de tipo similar cuando se muestrean "cuttings" secos o "sludge" húmedos. El muestreo en cuchara (grab) por lo general tiene muy poco valor para las estimaciones de mineral pues no da ninguna dimensión.

En la exploración de uranio, el perfilaje de rayos gamma es el método más comúnmente usado en la actualidad para determinar el espesor y las leyes de la mineralización; pero también es el método que más puede inducir a error. Para que un perfilaje de rayos gamma tenga algún valor, debe ser hecho con un equipo que haya sido calibrado a la perfección, que se controle periódicamente y que se use con frecuencia. Para interpretar debidamente el perfilaje, una vez que éste haya sido obtenido, se deben conocer las características del equipo y la naturaleza del terreno en el cual se efectúa el perfilaje. La correlación con los ensayos químicos sobre un número de perforaciones coronadas con alta recuperación del testigo, es algo indispensable para una interpretación correcta. Sólo así se puede compensar la ambigüedad del equilibrio del mineral, las condiciones de la perforación, la individualidad del instrumento y del operador, y los procedimientos seguidos para su interpretación. Hoy día se utilizan varios métodos para la interpretación de perfilaje con rayos gamma; en su mayor parte son variacio

nes del concepto básico según el cual la cuenta total registrada en una zona radiactiva es proporcional al espesor de esta zona multiplicado por su ley media. A causa de que la variación del equilibrio dentro de los cuerpos mineralizados, modifica las condiciones de los pozos y los errores del equipo, la interpretación individual de cualquiera de los pozos puede inducir considerablemente a error; sin embargo, los resultados promedio de la interpretación de un número de pozos en un cuerpo mineralizado, puede aproximarse al promedio real del cuerpo, proporcionando así datos utilizables.

Intervienen muchos factores con respecto a que es lo que constituye la mena. No obstante, el problema se limita a lo siguiente: Cuál es el espesor mínimo que puede ser extraído empleando el sistema de explotación que concebimos para el cuerpo mineralizado, y cuál es la ley mínima que podemos extraer de este espesor para poder compensar el costo de dicha explotación? Las respuestas sólo pueden obtenerse mediante el estudio de los métodos de explotación y de los costos inherentes al mismo. La combinación de espesor y ley que se elija, a menudo llamada arranque crítico (cutoff), es lo mínimo requerido para que el mineral sea llamado mena.

El material de ley más baja no será incluido sea cual fuere su espesor, el material de menor espesor es incluido sólo cuando la ley es lo suficientemente alta como para permitir por dilución superar el espesor y la ley críticos. Así, si utilizamos un arranque crítico de 1,20 m @ 0.15%, no será aceptable una muestra de 3 m @ 0.06%, pero si una de 0,6 m @ 0.30%. El examen de los datos de detalle para un punto del muestreo, posibilita llegar a la combinación óptima de espesor y ley que resulte apropiada para el arranque crítico y el método de explotación.

Mientras el arranque crítico nos muestra qué es lo que sería conveniente explotar desde el punto de vista de los costos de operación, el tonelaje y la ley final del cuerpo mineralizado deben proporcionarnos suficiente margen de ganancias luego de efectuada la explotación como para cubrir el costo de desarrollo del yacimiento. Si el margen no es suficientemente amplio como para cubrir dicho costo, esta reserva de mineral no debe considerarse explotable en las condiciones económicas presentes, no importa lo barato que resulte la extracción de una tonelada de mineral una vez desarrollado el yacimiento y amortizado el costo de desarrollo.

Delimitación de los bloques de mineral

Luego de haber decidido sobre el significado de los datos y sobre qué consideramos mena, podemos pasar a la segunda etapa; la delimitación de los bloques o paños de mineral.

El Método de Delimitación General, un sistema usado en la AEC, es explicado e ilustrado en la Fig. 3. Este ofrece un enfoque para la delimitación de los paños de mineral y para los cálculos, en los que los puntos de muestreo se consideran como muestras tomadas al azar en el cuerpo mineralizado. Por lo tanto, cada muestra de un block tiene la misma influencia en la determinación de la ley y espesor medios del block. Es decir, que no se toman en cuenta las distancias de influencia de cada muestra.

También existen otros sistemas comúnmente usados para delimitar los bloques de mineral. En casi todos ellos se delimita un block de mineral para cada perforación o muestra; siendo el espesor y la ley de la muestra, el espesor y la ley del block mineralizado. Los límites del block se trazan sobre la base de que la influencia de una muestra debiera extenderse hasta el punto donde entra a jugar la influencia de la otra, lo cual ocurriría en la mitad de la distancia comprendida entre las dos muestras. En estos sistemas la magnitud de la influencia de un pozo se relaciona con el área de su block, cuando en realidad esta última depende a menudo más de los problemas de la selección del lugar de la perforación, que del valor de la muestra. Los métodos más importantes de estos sistemas se ilustran en la Fig. 4. Puede observarse que todos estos exigen más trabajo que el Método de Delimitación General; ya sea para la delimitación de los blocks como para desarrollar los cálculos subsiguientes. Cuanto mayor sea la cantidad de paños que se delimiten mayor será el esfuerzo requerido para los cálculos. Los sistemas que delimitan paños para las distintas partes de un único cuerpo mineralizado, a menudo resultan confusos para los cuerpos mineralizados de uranio, desde que difícilmente podemos hallar para un bloque pequeño el tonelaje o la ley real calculada, aunque el promedio para todo el cuerpo mineralizado obtenido de la combinación de todos los blocks, probablemente resulte una estimación razonable.

Cómputo de las toneladas y la ley

El cálculo de las toneladas y de la ley es el paso final para la estimación de la reserva de mineral siendo el mismo para todos los métodos. En general, cada block se computa separadamente y luego es totalizado en combinaciones apropiadas de clases, de acuerdo a lo explicado en el Método de Delimitación General. Se ofrece una información más detallada en el USEM Bulletin 356 "Muestreo y Estimación de los Depósitos Mineralizados" (Sampling and Estimation of Ore Deposits) por C.F. Jackson y J.B. Knaebe, 1932, lo mismo que en la mayoría de los textos que tratan temas de geología de campo y examen y valuación de minas.

En conclusión, la estimación de una reserva de mineral comprende la consideración de las muestras y mediciones junto con la información específica sobre la posición y hábito geológicos del cuerpo mineralizado. El análisis de los datos obtenidos permite conocer la existencia de la mena lo mismo que delimitar los bloques de mineral medido, indicado o inferido. El cómputo del volumen contenido en cada block, su conversión a tonelaje, y el cálculo de la ley, completan el proceso.

Fig.1 El carácter de los datos determina la clasificación del mineral

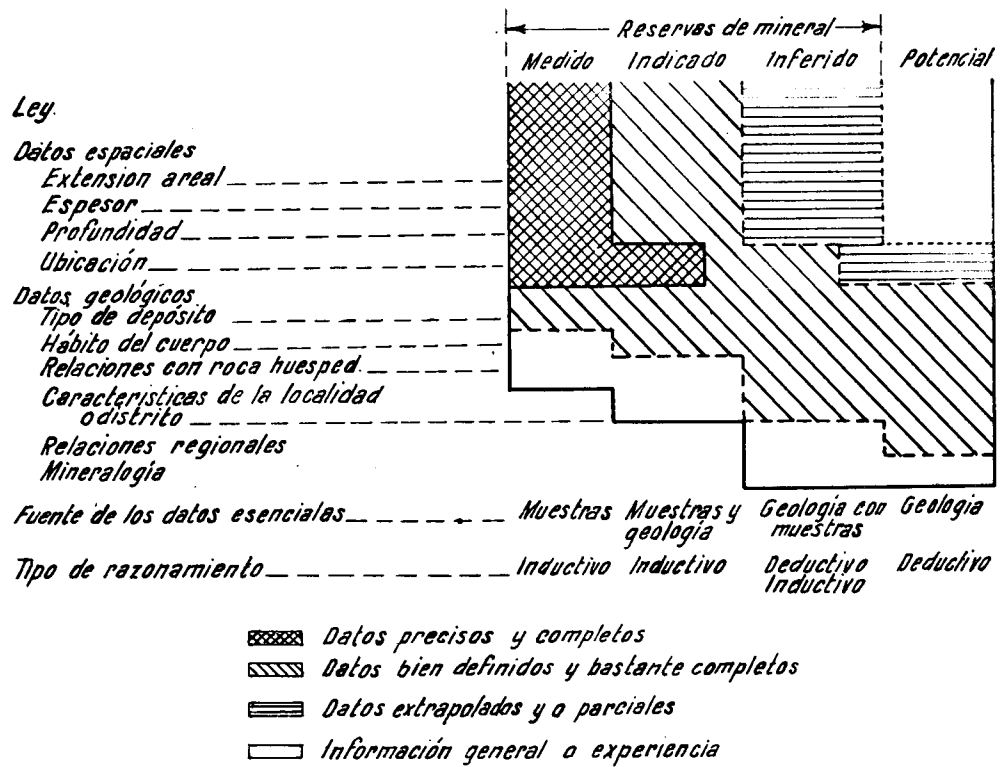
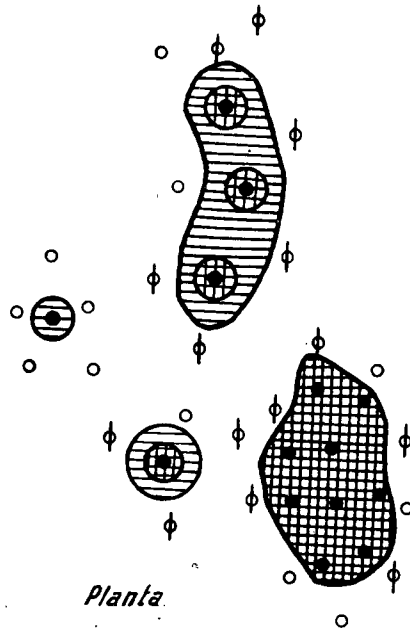
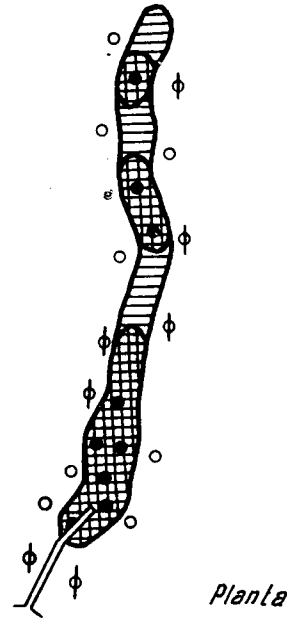


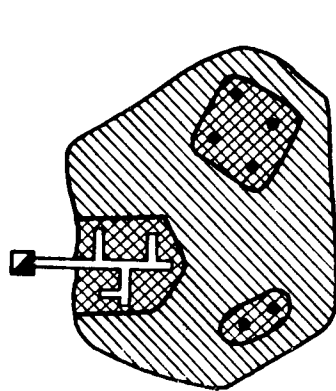
FIG 2 LA CLASIFICACION SE APOYA PRINCIPALMENTE EN LA GEOLOGIA



(a) CUERPOS TABULARES—tamaño, forma y continuidad variables—roca huésped sedimentaria

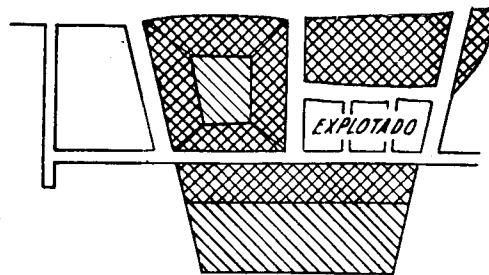


(b) CUERPOS ALARGADOS—buena continuidad en una dirección—roca huésped sedimentaria.



(c) CUERPOS TABULARES—gran tamaño con buena continuidad—roca huésped sedimentaria

Indicado
Inferido



(d) TIPO VETIFORME

Figura 2.- La clasificación se basa principalmente en la geología

El "hábito" del mineral en un área, constituye uno de los principales puntos de partida para la clasificación de reservas de mineral. Debe agotarse todo esfuerzo para determinarlo tan precisamente como sea posible. En una zona nueva esta determinación es sumamente crítica y debe significar un esfuerzo de exploración bien importante si con el término "reservas" se quiere en realidad expresar algo significativo. Una vez conocido el hábito se puede proceder a la clasificación.

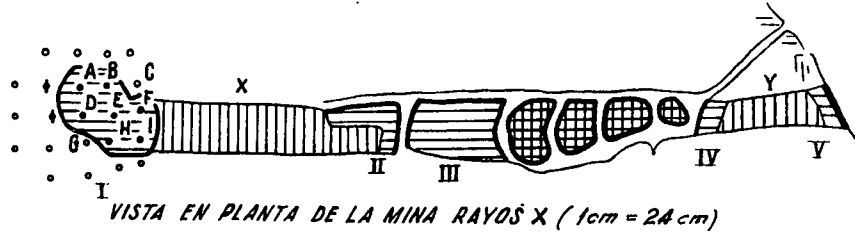
Cuerpos mineralizados de continuidad variable, en canales tubulares de diversos tamaños y formas, es lo corriente para depósitos de uranio, esto es ilustrado en (a); a veces las perforaciones parecerían indicar que un canal tiene continuidad entre cierto número de pozos. El conocimiento de la zona ayudará a decidir si existe una probabilidad razonable. Otro canal tiene 3 perforaciones en el mineral, pero están demasiado espaciadas como para suponer un mineral "indicado" entre ellas. Aquí se delimita un block indicado para cada perforación, y un block inferido entre ellas y al rededor de los blocks indicados. A un block de mineral indicado dado por una perforación con mena se le ha asignado un anillo de inferido. Esto es respaldado por las perforaciones mineralizadas adyacentes y por el lugar en que se encuentra la perforación con mena respecto a los otros cuerpos mineralizados y al curso general del mineral. El otro block, dado por una sola perforación fue tomado todo como inferido puesto que se encuentra fuera del curso principal del mineral, y los resultados de las perforaciones efectuadas alrededor limitan sus posibilidades.

En (b) se ilustran los límites aproximados para un curso mineralizado bien definido, quizás controlado por un canal de corriente cortado en la formación subyacente. El mineral "indicado" se ha extendido en cierta medida a lo largo del curso del canal, aunque muy poco transversalmente. El mineral ha sido inferido a lo largo pero no a lo ancho del curso.

Los cuerpos mineralizados tabulares, grandes, son tratados como se muestra en la ilustración (c). El mineral ha sido indicado alrededor de las labores mineras y grupos de perforaciones mineralizadas e inferido entre los bloques indicados.

Un depósito vetiforme es mostrado en (d). El mineral es indicado en donde se halla expuesto por las labores mineras e inferido en el centro de los grandes blocks de mineral indicado y en las proyecciones hacia las partes profundas inexploradas. El block que se halla encima del área explotada podría ser considerado como medido si las distancias fueran apropiadas.

FIG. 3: EL SISTEMA DE MUESTREO NO SISTEMÁTICO ES MAS SENCILLO



VISTA EN PLANTA DE LA MINA RAYOS X (1cm = 24 cm)

- Pozo con mena — Mineral a la vista Densidad = 2,6
- Pozo mineralizado  Mineral medido Arranque crítico = 1,20 m. con 0,20% U3O8
- Pozo estéril  Mineral indicado
-  Mineral inferido

**Cálculos para el cuerpo perforado
Bloque I**

Pozo	Espesor (m.)	% U3O8	Producto
A	1,5	x 0,22	= 0,33
B	1,2	x 0,30	= 0,36
D	2,4	x 0,25	= 0,60
E	1,8	x 0,30	= 0,54
F	1,5	x 0,24	= 0,36
H	2,1	x 0,22	= 0,46
I	1,2	x 0,28	= 0,34
Totales:	11,7		2,99

Espesor medio: $\frac{11,7}{7} = 1,67 \text{ m}$

Ley media: $\frac{2,99}{11,7} = 0,25$

Area (planímetro) = 1,68 cm²

Superficie = 1,68 x 24² = 967 m²

Tonelaje = 1,67 x 967 x 2,6 = 4.200 t.

Combinación de bloques indicados

Bloques	t	Ley	Producto
I	4.200	x 0,25	= 1.050
II	610	x 0,28	= 170
III	2.140	x 0,24	= 515
IV	240	x 0,20	= 48
V	360	x 0,25	= 90
Totales	7.550		1.873

$\frac{1.873}{7.550} = 0,248\% \text{ U3O8 Ley media para el mineral indicado.}$

Cálculos para el bloque "X" de mineral inferido

Block	Esp. medio	Ley media
I	1,67	0,25 (un costado d. block)
II	1,44	0,28 (otro costado d. block)
Bloque X	1,55	0,26

Tonelaje = Pot. $\frac{1}{2}$ x Sup. x Densidad =
= 1,55 x (2,7 x 24²) x 2,6 = 6.260 t

Figura 3.- El sistema de muestreo no sistemático es el más sencillo

El Método de Delimitación General es un sistema simple usado por la AEC para construir blocks de mineral y computar tonelajes y las leyes.

Obsérvese el Block I, que está explorado por perforaciones. Los datos del muestreo han sido examinados y las perforaciones que cortaron mineral explotable se han marcado como tales en el mapa; igualmente se han señalado las perforaciones con mineral y las estériles. Por lo general resulta práctico registrar directamente en el mapa la combinación de espesor y ley, para cada una de las perforaciones. Puesto que el espaciamiento de las perforaciones es bastante estrecho como para permitirnos considerar al mineral como indicado, se ha delimitado el bloque de acuerdo a los datos. Se ha trazado el perímetro del block, teniendo en cuenta los valores obtenidos de las perforaciones mineralizadas adyacentes, y la posición del nivel mineralizado todos deben estar en un mismo horizonte. Al completar dicha línea tenemos un bloque de mineral y muestras extraídas de varios puntos del mismo.

Similares análisis se han realizado para los bloques de mineral medido, en los pilares de la mina; los bloques de mineral indicado expuestos en las labores mineras y el afloramiento; el bloque de mineral inferido proyectado entre el afloramiento y los trabajos subterráneos; y el block inferido extrapolado entre las perforaciones con mena y el mineral expuesto en los límites del laboreo subterráneo. Cada uno de estos bloques ha sido dibujado teniendo presente las definiciones dadas y los criterios recomendados para las distintas clases de mineral.

Una vez delimitados los bloques mineralizados ya se puede computar el tonelaje de cada block. De acuerdo a los ilustrados en la Fig. 3, para el block perforado, el espesor medio se computa promediando los espesores de los puntos de muestreo del block. Esto es simplemente la suma de los espesores divididos por el número de muestras. El área es fácilmente hallada utilizando el mapa y usando un planímetro, que mide el área real del mapa en centímetros cuadrados; mediante la escala del mapa, se puede calcular el área del bloque en metros cuadrados. Dicha área multiplicada por el espesor medio da el volumen del block. El volumen del mineral debe ser convertido en tonelaje multiplicándolo por la densidad, que se establece por mediciones específicas que nos informan cuanto pesa un volumen determinado de mena in situ. Estos factores pueden combinarse con la fórmula mostrada en la tabla.

La ley se determina combinando los datos de muestreo del block de acuerdo con la longitud muestreada, en la forma que se indica. Los productos espesor-ley son sumados y luego divididos por la suma de los espesores. La ley media resultante en este caso es de 0.25% U_3O_8 .

Se sigue un procedimiento similar para los otros bloques medidos e indicados, usando datos del muestreo en canaleta para el mineral expuesto en las labores subterráneas. Para los dos bloques inferidos se usaron los espesores y leyes de los bloques indicados adyacentes, para determinar sus espesores y leyes. Así al block inferido "x" (Fig. 3) se le ha dado el espesor medio y la ley media de los bloques indicados adyacentes, I y II.

Cuando se combinan los diversos bloques, la ley media es determinada de acuerdo con los tonelajes conforme a lo ilustrado para los bloques indicados.

Otros esquemas son expuestos en la Fig. 4.

FIG. 4: OTROS SISTEMAS QUE SE AJUSTAN A NECESIDADES ESPECÍFICAS

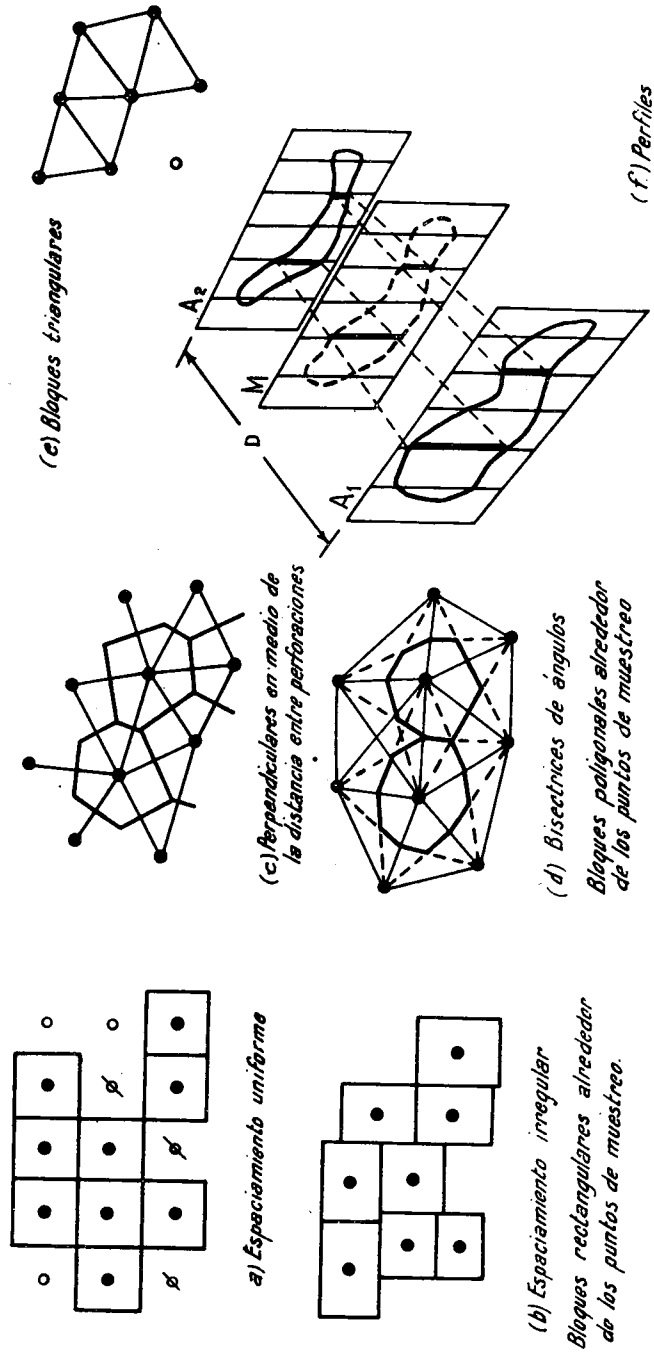


Figura 4.- Otros sistemas que se ajustan a las necesidades específicas

El diseño "a" muestra un sistema en el que se usan cuadrados. Este es muy conveniente cuando las perforaciones forman un reticulado uniforme. Si el reticulado es irregular, se obtendrá la figura señalada con la letra "b". Obsérvese que la influencia de una perforación se extiende hasta la mitad de la distancia existente entre las perforaciones adyacentes. Este sistema es muy útil para que los cálculos de reserva puedan ser llevados a cabo a medida que los trabajos de perforación vayan siendo efectuados. Sistemas más complejos se muestran en el centro de la ilustración; en el diseño "c" se usan perpendiculares trazadas en la mitad de las distancias que separan las perforaciones, para formar los bordes del block. Para retículos ortogonales, los blocks quedarían delimitados en forma de cuadrados como los que se ilustran en "a". En el sistema diseño "d" se usan bisectrices de los ángulos formados por las líneas que conectan una perforación con las perforaciones adyacentes. Las bisectrices son luego unidas de acuerdo a lo ilustrado, para formar los bloques.

A la derecha de la Fig. 4 se muestran dos sistemas que también se usan y que no forman un block por cada punto de muestreo. El bosquejo "e" ilustra un sistema que forma blocks triangulares uniendo las perforaciones de acuerdo al dibujo. (Ver "Estimación de las Reservas Mineralizadas" por H.J. WOLF en E&MJ Diciembre 1958, p. 92). Los triángulos de mineral debían ser de forma y espesor uniformes, con el fin de obtener mejores resultados. Este sistema es más preciso cuando los bloques forman triángulos equiláteros; cuando se presenta una variación en la condición equilátera del triángulo, debiera efectuarse una corrección ajustando el "peso" de las muestras proporcionalmente a la variación angular sobre los 60 grados, que prevalece para el triángulo equilátero. La similitud de este sistema con el sistema del polígono mostrado en "c", es clara cuando observamos que los polígonos están formados en realidad por secciones de los triángulos que unen las perforaciones.

El bosquejo "f" ilustra el sistema de perfiles o contornos. Este sistema es frecuentemente usado cuando las líneas de perforaciones, en un depósito, han sido hechas de modo transversal, y cuando la distancia entre las líneas por lo general es considerablemente mayor que la distancia entre las perforaciones de una misma línea. En este sistema, el área de las secciones transversales es determinada en las dos líneas en que el cuerpo mineralizado ha sido realmente medido y también en una sección interpolada. Los datos son usados en la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen} = \frac{D}{6} (A_1 + 4 M + A_2)$$

En la cual D representa la distancia entre los perfiles extremos; A₁ es el área de la sección en A₁; A₂ es el área de la sección A₂; y M es el área de la sección interpolada en M. A la sección transversal del medio se le asigna más influencia que a las secciones extremas. Al dividir por 6 se obtiene el área transversal media. Este sistema también puede ser usado para cuerpos mineralizados verticales, en donde las secciones se transforman en planos de nivel.