

Anales de las Primeras Jornadas Geológicas Argentinas

(Tomo II, 1962, Buenos Aires)

C.N.E.A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

Nº

1

AÑO

1962

CONTRIBUCIONES Y COMENTARIOS AMPLIATORIOS
SOBRE LAS TÉCNICAS DE MEDICIONES GRANULARES

POR HUGO NESTOR LUCERO

C. N. E. A. - Seccional Centro

RESUMEN

La determinación de contenidos en menas pegmatíticas por mediciones granulares estriba en la resolución de dos problemas preoperatorios de los que depende el grado de aplicabilidad de estas técnicas: 1) Determinación en cada caso de las áreas totales a examinar, necesarias para la consecución de resultados aceptables; 2) Determinación de la magnitud de exploración a emplear.

Para la resolución del primero, J. J. Norton & L. R. Page exponen una serie de conclusiones de raíz empírica que propician la confección de una curva, con lo que pueden calcularse las áreas mínimas necesarias a examinar.

Para la resolución del segundo, el autor propone para las dos variantes metodológicas (relaciones areales o lineales) determinada técnica, resultante de la breve experiencia acumulada en recuentos granulares efectuados en menas vetiformes y de metamorfismo de contacto.

La técnica propuesta permite al operador escoger el número de granos a recontar por unidad areal de exploración.

Finalmente se alude en este trabajo a los alcances y limitaciones de las técnicas comentadas y propuestas, como también a una manera simple y práctica de ordenar los cálculos finales conducentes a la obtención de los contenidos buscados, basada principalmente en relaciones logarítmicas.

I. INTRODUCCION

Este breve trabajo, en un principio destinado a aclarar y ampliar algunos aspectos de la aplicación de las técnicas de mediciones granulares a las menas pegmatíticas, aludidos en el trabajo intitulado "Methods Used To Determine Grade and Reserves of Pegmatites" (J. J. Norton and L. R. Page-Reprinted from Mining Engineering-4-56) y de cuya traducción al castellano constituiría un apéndice, ha sido finalmente complementado con la formulación de algunas normas operativas propuestas por el suscripto¹.

¹ La aludida traducción ha sido efectuada recientemente (abril '60) por H. N. Lucero y C. A. Rinaldi.

II. GENERALIDADES

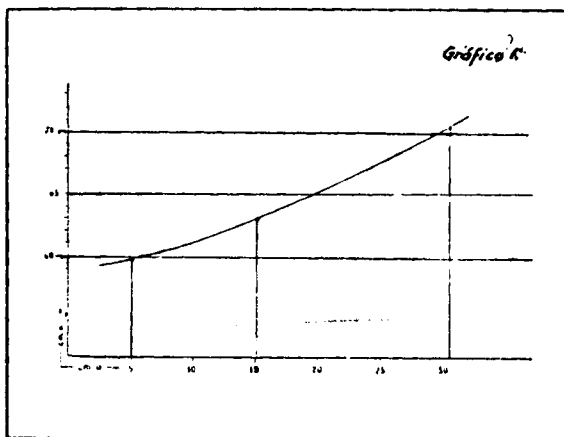
Constituye un hecho ampliamente conocido, el que valoraciones cuantitativas de este orden, pueden efectuarse según dos procedimientos que aunque entroncados en un principio común, en el aspecto operativo se diferencian un tanto; ellos son: 1º) procedimiento: el de la relación porcentual existente entre la superficie cubierta por el o los minerales de interés y la total reconocida, y 2º) el de la relación, siempre porcentual, existente entre la dimensión lineal correspondiente a la suma de las parciales determinadas por la potencia de los cristales individuales atravesados por una línea recta, y la longitud total reconocida (método de la platina de integración empleado en microscopía). El primero establecerá en primera instancia relaciones areales, identificables con las volumétricas y aun con las ponderales en el caso de no haber diferencias de pesos específicos entre mineral y ganga, a la par que el segundo proporcionará relaciones lineales, igualmente identificables con las areales, volumétricas y ponderales si se mantienen las mencionadas correspondencias de pesos específicos. En ambos casos, naturalmente, de existir diferencias en el particular, un sencillo cálculo llevará las relaciones expresadas en cualquiera de los términos mencionados, a porcentajes en peso.

III. FORMA DE OPERAR EN EL TERRENO

No se considerará superfluo aludir brevemente al tópico enunciado, antes de entrar en detalles que hacen a la descripción de las técnicas comentadas y/o propuestas. 1º) En esencia, el primer procedimiento consiste en representar lo más aproximadamente posible sobre una hoja de papel, a escala 1:1, cada cristal del mineral a investigar (salvo que éste se presente en dimensiones irrepresentables —diámetros exagerados— caso en que se medirán directamente sus magnitudes extremas) existente sobre el frente pegmatítico escogido (convenientemente dividido en retículos conforme a las especificaciones que se enunciarán más adelante); no es necesario naturalmente que el dibujo, que se realizará en forma rápida y sin necesidad de apartar alternativamente la vista del frente examinado, guarde en el papel las relaciones de distanciamiento real existentes entre los individuos a representar, puesto que si bien la dimensión del frente se obtendrá por medición directa, la superficie cubierta por el mineral deberá recogerse de la apretada representación gráfica resultante, cuyos valores

podrán determinarse a posteriori: *a*) mediante el empleo de un planímetro, o *b*) por resolución de superficies conforme al tipo geométrico al que más se asemeje cada cristal; en este último caso se aconseja confeccionar la representación de referencia sobre papel milimetrado, que permite una más rápida visualización areal, aun sin la intervención del cálculo. Esta labor, aparentemente engorrosa, es susceptible de notables agilizaciones, ligadas a un empleo racional de las frecuencias reticulares, pudiendo asimismo brindar resultados prácticamente identificables con la realidad; un adecuado reticulado, que no encierre por unidad un número demasiado elevado de cristales, impedirá pasar

GRAFICO N° 1



por alto o repetir alguno de los individuos a representar. 2º) El segundo procedimiento consiste en una medición detallada, sobre una serie de líneas trazadas sobre un frente pegmatítico mineralizado (materializables en hilos tensamente sujetos sobre las márgenes del área escogida), de los intervalos que sobre cada cristal atravesado determinan aquéllas; la suma de estas dimensiones lineales será comparada a los fines perseguidos, con la longitud total reconocida (suma de las trazas paralelas que cruzan el frente) considerada como 100 %. Aunque es lógico suponer que la bondad de los resultados estará directamente ligada a la frecuencia de las paralelas trazadas, habrá también un distanciamiento mínimo, para cada caso, entre línea y línea, capaz de propiciar consecuencias satisfactorias dentro de un margen tolerable de laboriosidad.

Naturalmente que para proceder racionalmente a la labor descripta, será necesario esbozar previamente un concreto plan de trabajos, relacionado en primer lugar, a la elección del frente adecuado; en segundo, a la determinación de la magnitud areal total que será necesario examinar, y en tercero, a la determinación de la magnitud que deberá tener la unidad exploratoria (cuadrícula o intervalo entre paralelas, según el procedimiento escogido).

IV. PROBLEMA DE LA DETERMINACION DE LAS AREAS MINIMAS NECESARIAS A EXAMINAR

La solución de este problema se encontraría, de acuerdo a la bibliografía de que se dispone¹, ligada directamente al tamaño medio del grano del mineral a investigar, de suerte que cuanto mayor sea éste, tanto más considerables deberán ser las áreas que será necesario afectar a los reconocimientos de referencia. En el particular y remitiéndose a los resultados de las experiencias acumuladas en ese sentido¹ sería perfectamente posible la predeterminación de esa magnitud; si se toman con absoluta estrictez los datos suministrados por el citado trabajo, consistentes en que para un diámetro granométrico de 5,08 cm se necesitarían 9,24 m², para uno de 15.24 cm un área de 92,41 m², y para uno de 30,48 cm una superficie de 462,05 m², se ven conformadas tres situaciones que propician la confección de un gráfico (Gráfico nº 1). En él, se ha colocado sobre las abscisas cada uno de los diámetros granulares mencionados, y sobre las ordenadas el número de veces que éstos están contenidos por el lado de la cuadrícula correspondiente al área respectiva; la ordenada brindaría así indirectamente la dimensión lateral del área teóricamente cuadrángulo-equilátera que será necesario reconocer para cada caso (multiplicando el diámetro granular por el número que le corresponda sobre la ordenada). Un ejemplo ilustrará mejor lo dicho: supóngase que, como resultado de breves cómputos expeditivos se haya determinado que el diámetro medio del mineral problema, sea del orden de los 10 cm; recurriendo al mencionado gráfico, se determinará rápidamente que el lado del cuadrado teórico a reconocer será de 61 veces el diámetro de aquél, vale decir, de 6,1 m lineales, con lo que el área necesaria para una determinación

¹ James J. Norton and Lincoln R. Page: "Methods Used to Determine Grade and Reserves of Pegmatites". Reprinted from *Mining Engineering*, April, 1956. Traducido al castellano por H. N. Lucero y C. A. Rinaldi, en abril de 1960. C. N. E. A., Seccional Centro.

aceptable, sería de aproximadamente 37 m² de superficie, que podrán distribuirse en la mejor forma en que lo permita la conformación del frente, por ejemplo según un rectángulo de 3 por 12 m, etc.

Podrían formularse algunas críticas a la validez general de este método, exclusivamente basado en los diámetros granulares; son en efecto, dos las coordenadas que rigen el comportamiento de un mineral diseminado en la masa que lo contiene (el nombrado diámetro granular y la densidad de la mineralización).

V. PROPOSICIONES RELATIVAS A LA SOLUCION DEL PROBLEMA DE LA DETERMINACION DE LA UNIDAD DE EXPLORACION A EMPLEAR

(cuadrícula, o bien distancia interlineal, según el procedimiento escogido)

Este problema se refiere a la determinación de las magnitudes del reticulado o rayado que deberá cubrir al frente escogido. No poseyendo el suscripto conocimiento de la existencia de normas establecidas al respecto, se expondrán los resultados de la breve experiencia acumulada por el mismo en recuentos areales y lineales efectuados en menas vetiformes y de metamorfismo de contacto, aplicables naturalmente a las mineralizaciones de tipo pegmatítico que sólo se diferencian de aquéllas en la magnitud del grano¹.

La necesidad de resolver el problema estriba, en lo referente al primer procedimiento, en la comodidad que significa para el operador poder escoger el número de granos que deberá examinar y representar por cuadrícula; al respecto, la experiencia¹ parece indicar que un grupo de entre 10 y 15 granos representa un número con el que se puede trabajar sin mayores riesgos de incurrir en omisiones o repeticiones. En cuanto al procedimiento de las relaciones longitudinales, si bien la bondad de los resultados estará en razón directa de la frecuencia exploratoria adoptada, habrá siempre una razón que dentro de un margen aceptable de seguridad no torne innecesariamente laborioso el método; esta frecuencia puede identificarse asimismo con la magnitud del lado de la cuadrícula capaz de contener teóricamente grupos de entre 10 y 15 granos, quedando la alternativa numérica en última instancia a criterio del operador.

¹ H. N. Lucero: "Informe Geológico-Minero Expeditivo del Núcleo Central del Grupo Minero Tungscheel". Ped. Río de los Sauces, Dep. Calamuchita, Cba., D. N. M., Noviembre/56, B. A. (inédito).

... y H. N. Lucero: "Estudio Geológico-Minero de las Minas de Scheelita", "Mogotes de la Picaza", "El Nahuel" y "Rodeitos", "La Cubierta", Pampa de Oláen, Cba., D. N. M., Julio de 1951, B. A. (inédito).

A los fines indicados, se procederá como primera medida a efectuar un recuento expeditivo del número de cristales de un determinado mineral, interceptados por cualquier línea recta, lo más dilatada posible, trazada sobre el frente escogido, cuyos resultados expresados en términos de separación longitudinal media entre los granos atravesados, se promediarán aun con los de uno o dos recuentos similares efectuados en la más variada posición posible.

El problema de la determinación de la magnitud de la cuadrícula (1º procedimiento) o del distanciamiento de las paralelas exploratorias (2º procedimiento) tiene solución en base a la intervención de esta nueva dimensión a la que se denominará aquí "intervalo granular medio"; participan en la solución, entonces, tres elementos de cálculo, a saber: *diámetro granular medio*, que no necesita definición, *densidad granular*, concepto relacionado al número de individuos, abstracción hecha de sus dimensiones, contenidos por una superficie dada, y el nombrado *intervalo granular*, que no es ciertamente la distancia existente entre grano y grano inmediato, sino un valor promedio determinado por la relación: longitud rectilínea total explorada/número de granos interceptados.

La empiria estadística demuestra que manteniendo en esquemas idealizados¹ una determinada densidad granular, los intervalos granulares se incrementan en razón inversa a las magnitudes de los diámetros granulares; así, si éstos disminuyen según esta sucesión: $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$, aquéllos se incrementarán según la siguiente: $1:2:4$, laboriosas comprobaciones estadísticas abonan la conclusión anotada. En efecto, es natural que una progresiva reducción de las áreas granulares individuales, disminuirá adecuadamente las probabilidades de intercepción según la recta, para un mismo esquema de densidades.

Las relaciones que se presentan son las siguientes: el intervalo granular dividido por el diámetro individual brindará un guarismo identificable con el número de granos que contenga una cuadrícula que tenga por lado a aquél; la siguiente regla de tres dará solución al problema: el número de granos obtenido de la operación anterior, es al cuadrado del intervalo granular, como el número de granos que se

¹ Los esquemas estadísticamente analizados por el suscripto corresponden en cuanto a la distribución del grano, a calcos de circunstancias reales, siempre preferibles a las rígidas distribuciones artificiales, que persiguiendo una innecesaria simetría condicionan ordenaciones granulares en diversos sentidos; en cuanto a la conformación de las unidades (granos) se ha recurrido a la representación circular, que facilita la comprobación gráfica de lo sustentado.

desea aislar por cuadrícula, es al área capaz de contenerlos. La raíz cuadrada del último término representará el lado de la cuadrícula con la que se deberá trabajar (1º procedimiento) o bien la frecuencia que deberá darse a la exploración lineal (2º procedimiento).

Ejemplos: En base a un diámetro granular de 0,1 m, supóngase ahora que el cómputo de las intercepciones granulares provocadas por una serie de rectas tiradas en los más diversos sentidos sobre el frente escogido, revelase que el intervalo granular medio fuera de 2,92 m lineales. Supóngase también que se desea trabajar por comparación de superficies sobre cuadrículas que contengan alrededor de 15 cristales. Dividiendo el intervalo por el diámetro, se obtendrá un valor de 29,2, que representa el número de granos contenidos por una cuadrícula que tuviera por lado a aquél. Procediendo en la forma explicada se tendría:

$$\begin{array}{ll} 29,2 \dots\dots\dots & 8,53 \text{ (cuadrado del interv. granular)} \\ 15 \text{ (número de granos a aislar)} \dots\dots & x; x = 4,37 \end{array}$$

y finalmente :

$$\sqrt{4,37} = 2,09 \text{ m}$$

que es el lado de la cuadrícula capaz de contener estadísticamente el número de cristales deseado.

El ejemplo siguiente, expuesto más sucintamente, presentará otro caso dentro de la infinita gama de posibilidades brindadas por el juego de estas dos coordenadas especiales (diámetro y densidad granulares) :

$$\text{Datos obtenidos en el terreno} \left\{ \begin{array}{l} \text{diámetro granular medio: 5 cm} \\ \text{intervalo granular medio: 0,9 m} \end{array} \right.$$

Supóngase que el operador desea trabajar sobre cuadrículas que contengan alrededor de doce granos; el cálculo podrá ordenarse en la forma siguiente:

$$1) \quad \frac{0,9}{0,05} = 18$$

$$2) \quad \frac{12 \times 0,81}{18} \text{ (interv. granular al cuadrado)} = 0,54 \text{ (área cuadrangular buscada).}$$

$$3) \quad \sqrt{0,54} = 0,73 \text{ m (lado cuadrangular, susceptible de ser empleado también como cartabón en el distanciamiento de paralelas exploratorias (2º procedimiento).}$$

VI. OBSERVACIONES SOBRE LOS ALCANCES Y LIMITACIONES DE LAS TÉCNICAS DESCRIPTAS

Naturalmente que estas técnicas no son aplicables a todos los casos que pueden presentarse en menas pegmatíticas o similares; así, una distribución granular extremadamente irregular, un tamaño granular excesivamente diverso, o bien dentro de términos de buena homogeneidad, demasiado grande o pequeño, pueden invalidar sus posibilidades de aplicación, caso en que el operador deberá optar por algún otro método más adaptable al caso particular al que se enfrenta. Asimismo, circunstancias desfavorables relacionadas con la existencia de un grano relativamente pequeño, agravadas por distribuciones de baja densidad, pueden conspirar contra la aplicación de las mismas, por la siguiente razón: si por una parte un bajo diámetro granular, hace que el área teóricamente considerada como suficiente para el ensayo (en base a las conclusiones emanadas de la bibliografía consultada) tenga proporciones ya bastante reducidas, por la otra, la concurrencia de ambos factores negativos (reducido diámetro individual y escasa densidad granular) determinará un intervalo granular medio exageradamente grande, de suerte tal que la cuadrícula capaz de contener al reducido número de individuos a representar, puede llegar a identificarse o aun a exceder las dimensiones del área considerada a priori como suficiente para el examen total; ello en cuanto al procedimiento de las relaciones areales, y en lo referente al de las longitudinales, en esas condiciones, aun es poco probable que una línea cualquiera trazada a través del área total a reconocer, intercepte grano alguno en su breve recorrido.

Esto llevaría a pensar que el criterio de basar el monto de las áreas a examinar únicamente en el diámetro granular, puede llegar a ser insuficiente y que para la determinación de superficies realmente adecuadas a los fines perseguidos habrá que fundar los cálculos en una función capaz de contemplar conjuntamente condiciones de diámetro y densidad granulares, al igual que en el problema de la unidad exploratoria. En efecto, esa forma de elaborar el cálculo sólo en base a los diámetros individuales, parecería fundarse en la premisa de que distanciamiento entre grano y grano estuviese en función del diámetro granular, vale decir que la densidad granular debiese incrementarse necesariamente con la disminución del tamaño individual, cosa que no tiene por qué suceder forzosamente.

VII. CONCLUSIONES

1ª Las comprobaciones realizadas sobre esquemas tipos que tratan de semejar circunstancias reales, demuestran que manteniendo una determinada densidad granular, los intervalos granulares medios se incrementan en razón inversa a las magnitudes de los diámetros granulares; si éstos se reducen según la sucesión $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}$, aquéllos se incrementarán según la siguiente: 1:2:4.

2ª Es posible mediante el juego de estas dos coordenadas (diámetro y densidad granulares) condicionadoras de la magnitud del intervalo granular medio, que el operador, mediante sencillas operaciones previas pueda escoger el número de granos a recontar por cuadrícula (si se opera arealmente) o la frecuencia de las paralelas exploratorias (si se opera por comparación de longitudes).

3ª La breve experiencia acumulada parece sugerir que un grupo de entre 10 y 15 granos por cuadrícula a examinar, representa un número con el que se puede trabajar cómodamente sin mayores riesgos de incurrir en omisiones o repeticiones; igualmente si se desea trabajar por comparación de longitudes, la magnitud obtenida como lado cuadrricular, puede ser empleada como intervalo de las paralelas exploratorias a trazar sobre el frente.

4ª En cuanto al problema de la determinación de las áreas totales necesarias a examinar y habiéndose formulado las críticas pertinentes a su solución en base a los diámetros granulares, se propone la siguiente, fundada en idénticos principios que los de la determinación de las unidades de exploración (es decir en la densidad granular, circunstancia que el operador percibe sólo en forma indirecta por intermedio de las magnitudes medibles: diámetro e intervalo granular). Se estima que un recuento operado sobre una veintena de unidades areales capaces de contener grupos de entre 10 y 15 individuos, puede satisfacer las necesidades de precisión del método de las mediciones granulares como instrumento de cálculo de contenidos minerales.

APENDICE

A los solos efectos de exponer, a partir de un ejemplo real, una forma muy práctica de realizar los cálculos finales que llevarán a la determinación del contenido en base a la aplicación de las técnicas descriptas, se transcribirá un caso relativo a la estimación porcentual

de un mineral (scheelita) presente en una mena vetiforme de base cuarcífera¹. La forma en que se ha dispuesto el cálculo, y la vía empleada (principalmente logarítmica) agilizan notablemente el procedimiento de rutina a seguir, especialmente si se trabaja con regla de cálculo.

Datos de que se dispone:

- 5,64 dm² (superficie total reconocida).
- 0,0936 dm² (superficie mineralizada c/scheelita).
- 6,1 (peso específico del mineral).
- 2,54 (peso específico de la ganga).

El primer paso será determinar el peso específico teórico de la mena, que se obtendrá rápidamente observando la siguiente ordenación y en base a cálculos efectuados mediante operaciones comunes:

$$\begin{array}{rcl}
 & 100,00 \% & \\
 0,0936 \times 100 & \frac{1,66 \% \times 6,1}{5,64} & = 10,1 \\
 & \frac{98,34 \% \times 2,54}{260,1 \times 0,01} & = 250,0
 \end{array}$$

260,1 × 0,01 = 2,61 (p. e. mena deducido).

La siguiente operación (de suma logarítmica) brindará directamente el resultado ponderal buscado:

log. 0,0936 × 100.....	0,972
» 6,1.....	0,786
colog. 5,64.....	1,249
» 2,61.....	1,583
Antilog. 0,590 = 3,89% scheelita	

Análogo procedimiento podrá seguirse para integrar los contenidos en cualquier número de minerales de interés que pueda contener una determinada mena.

¹ Ver página 5.