

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Minería

**EL CALCULO DE RESERVAS DE MINERALES EN LA
VALUACION DE MINAS**

**Tesis para optar el Grado de
INGENIERO DE MINAS**

FRANCO VENEGAS HAUXWELL

**LIMA - PERU
1965**

I N D I C E

	Pag.
PROLOGO	1
EL CALCULO DE RESERVAS DE MINERALES EN LA VALUACION DE MINAS	2
TEORIAS DEL MUESTREO	8
PONDERACION DE MUESTRAS	12
A). YACIMIENTOS SENSIBLEMENTE HORIZONTALES O CON BUZAMIENTO SUAVE (MANTEADO), Y CON POTENCIAS VARIABLES	15
B). YACIMIENTOS DE GRAN BUZAMIENTO Y DE MEDIANA Y BAJA POTENCIAS	24
OPERACION DEL MUESTREO	30
REGISTRO DEL TERRENO	43
REGISTRO DE ORDENACION	48
REGISTRO DE CALCULO	59
REGISTRO RESUMEN	62
DILUCION DE LA LEY	63
PESO ESPECIFICO Y FACTOR DE TONELAJE	66
LAS RESERVAS MINERALES Y SU DEFINICION	70
INVESTIGACIONES PREVIAS AL MUESTREO	81
BIBLIOGRAFIA	83

P R O L O G O

El presente trabajo no pretende agotar la materia sobre el "CALCULO DE RESERVAS DE MINERALES", por la amplitud del tema, debido a la gran variedad de yacimientos mineros que se presentan en la naturaleza, y que exigen procedimientos distintos de muestreo, y para cuya cubicación requiere la aplicación de diferentes criterios. Así, el criterio para cubicar un yacimiento de carbón es mucho más amplio que para un yacimiento aurífero primario, por razones obvias.

Nos proponemos dar importancia principal a la clase de yacimientos metalíferos que más abundan en el país, los cuales constituyen la mayor parte de la mediana y pequeña minería. Nos referimos a los yacimientos epigenéticos de origen magmático. Por lo demás, los principios generales del muestreo son aplicables a la mayoría de los yacimientos.

Deseamos resaltar en este prólogo, el criterio que recomendamos para la determinación de las tres clases de reservas: probadas, probables y posibles, que difieren de las normas clásicas en las cuales se basan los reglamentos de las instituciones de crédito y fomento relacionadas con la minería.

EL CALCULO DE RESERVAS DE MINERALES EN LA VALUACION DE MINAS

El valor de un yacimiento depende de la cantidad y calidad de los minerales económicamente explotables que contiene. La cantidad se expresa en volumen o peso. La calidad está determinada por las características químicas y físicas de los minerales que contiene, y se expresa de diferentes maneras: en placeres auríferos y platiníferos, en gramos por metro cúbico; estos mismos metales contenidos en yacimientos primarios, se expresan en gramos por tonelada; el cobre, plomo, zinc, estaño, manganeso, etc., en por ciento; en yacimientos carboníferos se expresa en por ciento el carbón fijo, las sustancias volátiles, cenizas, humedad, azufre, y el poder calorífico en calorías por tonelada, y además la cokificación, etc.; en yacimientos petrolíferos, además de expresar el poder calorífico en calorías por tonelada o por metro cúbico, se indica también otras propiedades químicas y físicas para los efectos de la destilación fraccionada.

La cantidad de reservas se determina calculando el volumen que ocupa el yacimiento o un sector determinado del mismo. Se usan las siguientes fórmulas:

A). Los volúmenes de los blocks sobre vetas angostas con potencias menores de dos metros, se calculan multiplicando la potencia media por el área. El área se calcula por medida directa de los lados o con un planímetro sobre una sec-

ción longitudinal.

B). Los volúmenes de los blocks sobre vetas con potencias mayores de dos metros, se calculan usando las siguientes relaciones:

1). Formas no truncadas:

$$V = \frac{1}{3} A x h$$

2). Formas truncadas, donde $\frac{A_1}{A_2}$ oscila entre 1 y 5:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} x h$$

3). Formas truncadas, donde $\frac{A_1}{A_2}$ es mayor que 5:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 x A_2})$$

Para el cálculo de volúmenes de gran espesor o en masas, puede ser conveniente usar la fórmula del prismoide:

$$V = \frac{A_1 + 4A_{12} + A_2}{6} x h$$

Siendo:

V : volumen.

A : área.

A₁ : área de la base inferior.

A₂ : área de la base superior.

A₁₂: área de la base media.

h altura del prisma.

Multiplicando el volumen por el factor de tonelaje ó peso específico del mineral, se obtendrá el peso.

El contenido de metal fino por unidad de medida que se adopte, se denomina ley; y el contenido total de metal fino, estará representado por la siguiente relación:

Contenido de metal fino = Volumen x peso específico x ley.

Para que el tonelaje cubicado en un yacimiento pueda ser considerado como reservas minerales, es necesario que el valor del contenido de metal fino pague los gastos de explotación, y deje, además, un saldo a favor para reeditar el capital invertido. El tonelaje cubicado en un yacimiento o en un sector determinado del mismo que no cumpla esta condición, carece de valor comercial.

En yacimientos con mineralización irregular, será conveniente determinar las zonas cuya mineralización cumpla con la condición de rentabilidad. Esto se consigue por medio de la operación del muestreo.

La operación del muestreo tiene por objeto conocer los valores contenidos, sus leyes, forma como están distribuidos estos valores, y otras características químicas y físicas que sea necesario destacar para determinar la calidad del yacimiento materia de estudio.

Los valores contenidos en un yacimiento pueden ser

positivos o útiles, y negativos. Son valores positivos, los que contribuyen a mejorar la calidad del yacimiento; y son valores negativos, los que perjudican esta calidad.

Ejemplos de valores positivos: oro y cobre, en yacimientos de cobre; plomo y plata, en yacimientos de plomo; carbón fijo y poder calorífico, en yacimientos de carbón; hierro y cal, en yacimientos de hierro.

Ejemplos de valores negativos: zinc, arsénico, antimonio y bismuto, en yacimientos de cobre; cobre, en yacimientos de oro cianurables; azufre, cenizas y humedad, en yacimientos de carbón; sílice, alúmina y azufre, en yacimientos de hierro; sílice, en yacimientos de manganeso.

Ejemplos de características físicas favorables: buena calidad y cokificación del carbón; minerales de hierro de estructura porosa, que facilita la reducción en el alto horno.

Ejemplos de características físicas desfavorables; minerales de hierro compacto, que dificulta la reducción en el alto horno, y que obliga muchas veces a molerlo y sinterizar después; carbones fácilmente desmenuzables, que producen gran cantidad de carboncillo que es de difícil venta; minerales de dureza elevada, que consumen gran cantidad de corazas y bolas durante la molienda.

La valuación de un yacimiento mineral consiste, en primer término, en determinar la cantidad de minerales comer-

ciales que puede contener; y en segundo término, en calcular los resultados económicos que se obtendrán de su explotación.

El estudio geológico tiene por objeto llegar a **estimar con cierta aproximación**, el volumen del cuerpo geológico que constituye el yacimiento; o sea, en determinar sus tres dimensiones, independientemente de la ley. El ancho o potencia es fácil observarla en la superficie y en las labores subterráneas. La longitud también es relativamente fácil observarla en terrenos cubiertos con delgadas capas de detritus, ya que se pueden seguir los afloramientos; y además, se facilita las observaciones en el interior de la mina, cuando existe una explotación avanzada. En cambio, la profundidad no **puede** ser observada más allá de las labores más profundas de la mina, y su continuidad debe ser deducida con la ayuda de estudios geológicos y muestreos.

La comercialidad o calidad de los minerales que contiene el volumen así estimado, solo se puede conocer por medio de muestreos, pero solamente es posible muestrear el área que abarca el desarrollo del yacimiento; por lo tanto, los antecedentes recogidos con el muestreo ejecutado en la mina abierta y con el estudio geológico realizado, permiten apreciar las posibilidades y expectativas de la zona del **yacimiento** no reconocido por labores mineras.

De lo expuesto se concluye, que la cantidad de mine-

ral que contiene el volumen total estimado, se compone de 3 clases: una conocida en cantidad y calidad, probadas con el muestreo, al que se le denomina "Mineral Probado", "Mineral a la Vista", "Mineral Positivo", etc. Otra cuya existencia se deduce por los estudios efectuados en la superficie y en las labores **sub**terráneas, pero la cantidad comercial **puede** ser incierta y depende de la uniformidad de la mineralización, se denomina "Mineral Posible". Entre una y otra clase existe una tercera, que corresponde a la transición de mineral probado a posible, y, por lo tanto, su existencia es menos cierta que la primera, pero más que la segunda; se denomina "Mineral Probable".

Resumiendo, las reservas minerales se **clasifican** en tres clases, según el grado de seguridad de su existencia, y son:

- Reservas probadas,
- Reservas probables,
- Reservas posibles.

Su definición y discusión se hará más adelante.

TEORIAS DEL MUESTREO

Muestra es una pequeña cantidad de materia, en la cual están representadas las características físicas y químicas, consistencia ó calidad del conjunto. Por consiguiente, el muestreo es un proceso que consiste en coger una pequeña porción de un artículo, de tal manera que la consistencia ó calidad de la porción sea representativa del conjunto.

En nuestro caso, el muestreo consiste en tomar una porción de mineral de un yacimiento, siguiendo una técnica determinada, con el objeto de que dicha porción o muestra, represente lo más aproximadamente al total del yacimiento mine-

El muestreo es una actividad que se practica en casi todas las industrias de producción. Cualquiera industria manufacturera, por ejemplo, muestrea y analiza los materiales que constituyen la materia prima con la que ha de elaborar su producto; luego muestrea el mismo producto en diferentes fases de la manufactura para controlar la marcha del proceso; y por último, muestrea y analiza los productos terminados como un medio de conocer su calidad.

Una de las industrias donde se aplica el muestreo en mayor grado y en todas las etapas de su proceso, es la minería. Desde que se encuentra un yacimiento mineral, interviene el

muestreo para determinar, junto con otros factores, (geológico, topográfico, etc.), si dicho yacimiento es importante ó no. Si lo es, se iniciará un programa de exploración, cuyo objetivo principal es abrir nuevas zonas del depósito para muestrearlas y determinar su continuidad y contenido de metales valiosos. Luego viene la fase más importante: el muestreo subterráneo, que corresponde a los trabajos de desarrollo, los cuales tienen por objeto determinar la forma, volumen, y riqueza del yacimiento. Los resultados de este muestreo permitirá conocer el contenido metálico de las diversas zonas del yacimiento, para planear su explotación.

Durante la explotación, tiene lugar una nueva etapa del muestreo, cuyo objeto es controlar la calidad del mineral que se envía a la concentradora.

Así finaliza el muestreo, en lo que se refiere al laboreo subterráneo, pero continúa en la concentradora, en la fundición y en la refinería.

Como la concentración tiene por objeto enriquecer el mineral por eliminación de la ganga o parte estéril, es lógico que se tenga que controlar la marcha de este proceso y su producto final ó concentrado. Este control se hace por muestreo y análisis, con la diferencia de que en este caso, el muestreo se efectúa mediante máquinas muestreadoras. La comparación de los resultados del muestreo del mineral que

entra a la planta (cabeza), con los del concentrado, y lo de la parte estéril (relave), indica la eficiencia del proceso.

El concentrado contiene una gran proporción de mineral útil y una pequeña proporción de ganga; por consiguiente, debe ser sometido a otro proceso de enriquecimiento, que es la fundición.

La fundición consiste en tratar por el calor a la especie mineral para separar los elementos que acompañan a los metales útiles y el resto de la ganga. Pero este proceso requiere de otras sustancias que ayudan a la fusión (fundentes) y a la eliminación de las partes indeseables, combinándose con ella (escorificadores) para constituir la escoria. En la fundición, se requiere un muestreo y análisis de la materia prima que está constituida por los concentrados, fundentes y escorificadores, como pirita, cal, sílice, etc. Como el proceso de la fundición se realiza en varias etapas, será necesario un control de la eficiencia en cada etapa, lo cual se efectúa también mediante el muestreo.

Finalmente, los productos de la fundición pasan a la refinera, que consiste en separar el mineral o metal de que se trate de los otros metales, también valiosos, que se encuentran como impurezas. En este proceso como en los anteriores, el control de la materia prima, de la eficiencia de las diversas etapas y de la calidad de los productos finales, se

efectúa mediante el muestreo.

Como se vé, el muestreo en todas las operaciones de la industria minera tiene gran importancia. Sin embargo, el muestreo en la mina es la más importante, por que sus resultados determinarán si es posible que el mineral sea explotado, concentrado, fundido y refinado, para obtener de él, varios metales que puedan ser vendidos con beneficio económico.

Puesto que el objeto del muestreo de un yacimiento es conocer los valores que contiene, sus leyes, la forma como están distribuidos estos valores, y algunas de sus características químicas y físicas, fácil es comprender que el muestreo reflejará mejor la realidad, mientras mayor sea la cantidad de muestras que se tomen, y como cada muestra representa una parte del yacimiento, los mejores resultados se obtendrán dividiendo el yacimiento en el mayor número de partes.

Por consiguiente, la primera operación en un muestreo consiste en dividir el yacimiento en el mayor número de partes, de acuerdo a su forma y a las características de su mineralización, como se explicará más adelante.

La operación siguiente consiste en tomar muestras de cada una de las partes en que se ha dividido el yacimiento, para lo cual todas deben ser accesibles. La muestra representa la parte total, y el resultado que se obtenga será tan-

to más exacto, mientras mayor sea la muestra; en otras palabras, mientras mayor sea la cantidad de material retirado, y ella depende también de las características mineralógicas del yacimiento. Las muestras se someten a ensayos químicos y demás investigaciones que sean necesarios para determinar su calidad.

De lo expuesto se infiere que una buena muestra debe poseer las siguientes cualidades:

REPRESENTATIVA, es decir, que en la muestra deben estar representadas las diferentes partes de una zona del yacimiento.

PROPORCIONAL, o sea que las diferentes partes mineralizadas presentes en el yacimiento, deben figurar en cantidad proporcional.

LIBRE DE CONTAMINACION, es decir, que no deben incluirse en la muestra, materias extrañas ni de otras partes del yacimiento.

PONDERACION DE MUESTRAS

El cálculo de los valores medios de grupos de muestras, es un problema de ponderación matemática. Fundamentalmente, los cálculos están basados en la determinación de la importancia relativa de cada muestra con respecto a otras con

las cuales se va a combinar. Una muestra correctamente tomada intenta ser representativa del cuerpo mineralizado en el punto donde es tomado. En la práctica, sin embargo, hay siempre un intervalo o distancia entre puntos muestreados, y, por consiguiente, cada muestra puede ser considerada como representativa de un cierto volumen circundante. Su magnitud depende de la localización de la muestra en cuestión y de su relación con las muestras adyacentes ó con el límite del cuerpo mineralizado.

Así, cuando un cuerpo mineralizado es muestreado sistemáticamente en numerosos puntos, cada muestra puede ser considerada como representativa del mineral, no solo en el punto donde se ha tomado, sino exteriormente en todas direcciones, hasta un punto equidistante de todas las muestras adyacentes. En otras palabras, una muestra puede seguir siendo considerada como representativa del mineral, hasta el punto en el cual es relevado de esta responsabilidad por otra muestra. Los casos extremos son:

- 1). Si el cuerpo mineralizado íntegro es tomado como una sola muestra. La muestra, por supuesto, representa el valor exacto del yacimiento, y cada partícula de muestra es representativa solamente de su valor individual, por que no existen partículas adicionales. El intervalo entre puntos muestreados es cero, y la influencia de cada partícula está limitado

por su propio volumen.

2). Si es muestreado solo un punto en todo el cuerpo mineralizado, el valor de la muestra puede ser asumida como representativa de toda la masa mineralizada, y la influencia de la muestra abarca desde el punto muestreado al límite del yacimiento en todas direcciones. El volumen atribuido a la muestra, es el volumen de todo el cuerpo.

En el primero de estos ejemplos, los valores relativos de las partículas de muestra son iguales, y la importancia relativa de todas y cada una de ellas, puede ser considerada como la unidad, mientras que en el segundo caso, el valor de la partícula de muestra es un máximo, y la importancia relativa puede ser considerada como infinito.

La calificación correcta de una muestra, se realiza tomando en cuenta su "volumen de influencia"; por lo tanto, siempre que sea posible, el peso de las muestras debe ser asignado en razón a sus respectivos volúmenes de influencia.

En la determinación de los valores medios en una superficie bidimensional, el peso de las muestras se determina según sus "áreas de influencia".

En ocasiones, las muestras son agrupadas en líneas. En este caso, el peso de las muestras se determina según sus "distancias de influencia".

La forma del yacimiento y su emplazamiento y locali

zación en la corteza terrestre, son factores determinantes del método de muestreo a emplearse. Consideremos dos casos generales:

- A). Muestreo de yacimientos sensiblemente horizontales, ó con buzamiento suave (manteado), y con potencias variables.
- B). Muestreo de yacimientos de gran buzamiento y de mediana y baja potencias.

A). MUESTREO DE YACIMIENTOS SENSIBLEMENTE HORIZONTALES O CON BUZAMIENTO SUAVE (MANTEADO), Y CON POTENCIAS VARIABLES.

Se incluyen en este grupo, yacimientos de caliche (NO_3Na), carbón, placeres, azufreras y otros yacimientos similares y depósitos de relaves, desmontes y canchas de mineral.

Si el yacimiento es superficial o se encuentra cerca de ella, un estudio preliminar dará a conocer sus características aproximadas, las que permitirán señalar las magnitudes de las divisiones o de los espaciamientos de las muestras.

Si el yacimiento se encuentra a mayor profundidad, lo que dificulta su estudio preliminar, se le divide en intervalos mayores, de manera que si posteriormente se vé la necesidad de dividirlo más, pueda hacerse.

Se cuadrícula el terreno por medio de coordenadas rectangulares ú oblicuas, o por medio de cualquier figura geométrica, y las intersecciones o vértices corresponderán a la ubicación de las muestras a tomarse. Cada muestra debe corresponder a un prisma cuya base sea la figura geométrica equivalente a las cuadrículas hechas, y la altura del prisma será la profundidad del yacimiento.

La muestra se toma por medio de un sondaje o de un pique. En el primer caso se usa sonda de rotación, con el objeto de obtener testigos del yacimiento, que son las muestras, para someterlas primero al estudio mineralógico, y enseguida, el ensaye químico. Las muestras se pueden fraccionar verticalmente si el yacimiento es potente y las leyes variables, para conocer así su distribución vertical.

En el segundo caso, se profundizan piques hasta el término del yacimiento o de la mineralización comercial, según el caso. La muestra puede ser todo el material extraído durante la profundización del pique, que se reduce como se verá más adelante, o se desecha este material y se toman muestras de las paredes del pique por medio de canales verticales que vienen a representar a sondajes.

Al igual que en el caso anterior, se puede fraccionar también las muestras. Queda determinado el volumen del yacimiento: en superficie, por las muestras del perímetro de

la figura geométrica, y en profundidad, por las longitudes de las muestras. En cuanto a la distribución de los valores que contienen, también queda definida: horizontalmente, por el resultado de las muestras de la figura geométrica, y verticalmente, por el fraccionamiento que se ha hecho en cada muestra.

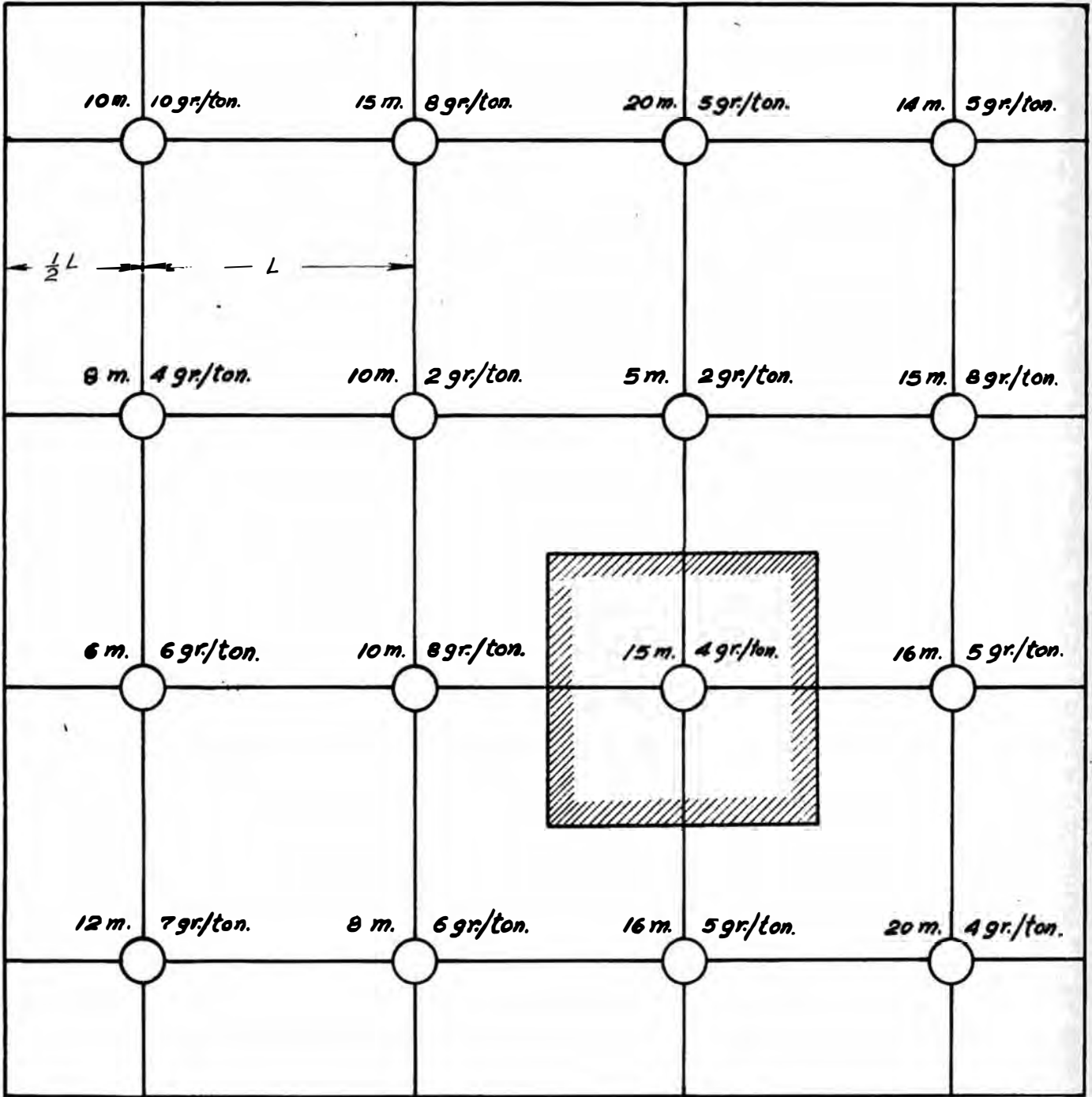
Según la disposición y espaciamiento de las muestras, se pueden presentar los siguientes casos:

- A1). MUESTREO DEL AREA DE UN YACIMIENTO HORIZONTAL, EN EL QUE LA LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS ESTA REPRESENTADA POR LAS INTERSECCIONES DE SISTEMAS DE COORDENADAS RECTANGULARES A INTERVALOS REGULARES Y EN EL QUE EL LIMITE DE LOS VALORES SE EXTIENDE HASTA UN MEDIO DEL INTERVALO DE LAS COORDENADAS MAS ALLA DE CADA LADO (LAMINA No.1).

Desde que todas las muestras tomadas tienen sus áreas de influencia iguales, la calificación de las mismas, ó sea, la determinación de la importancia de una muestra con relación a otras, se hará tomando en cuenta sus profundidades.

Los cálculos están tabulados en la LAMINA No. 2.

1



LAMINA Nº 1

PROFUNDIDAD (m.)	L E Y (gr./Ton.)	PROFUNDIDAD P O R L E Y
10	10	100
15	8	120
20	5	100
14	5	70
8	4	32
10	2	20
5	2	10
15	8	120
6	6	36
10	8	80
15	4	60
16	5	80
12	7	84
8	6	48
16	5	80
20	4	80
200	89	1120

PROFUNDIDAD MEDIA : $\frac{1120}{89} = 12.58 \text{ m.}$

LEY MEDIA : $\frac{1120}{200} = 5.60 \text{ gr./T.}$

LAMINA Nº 2

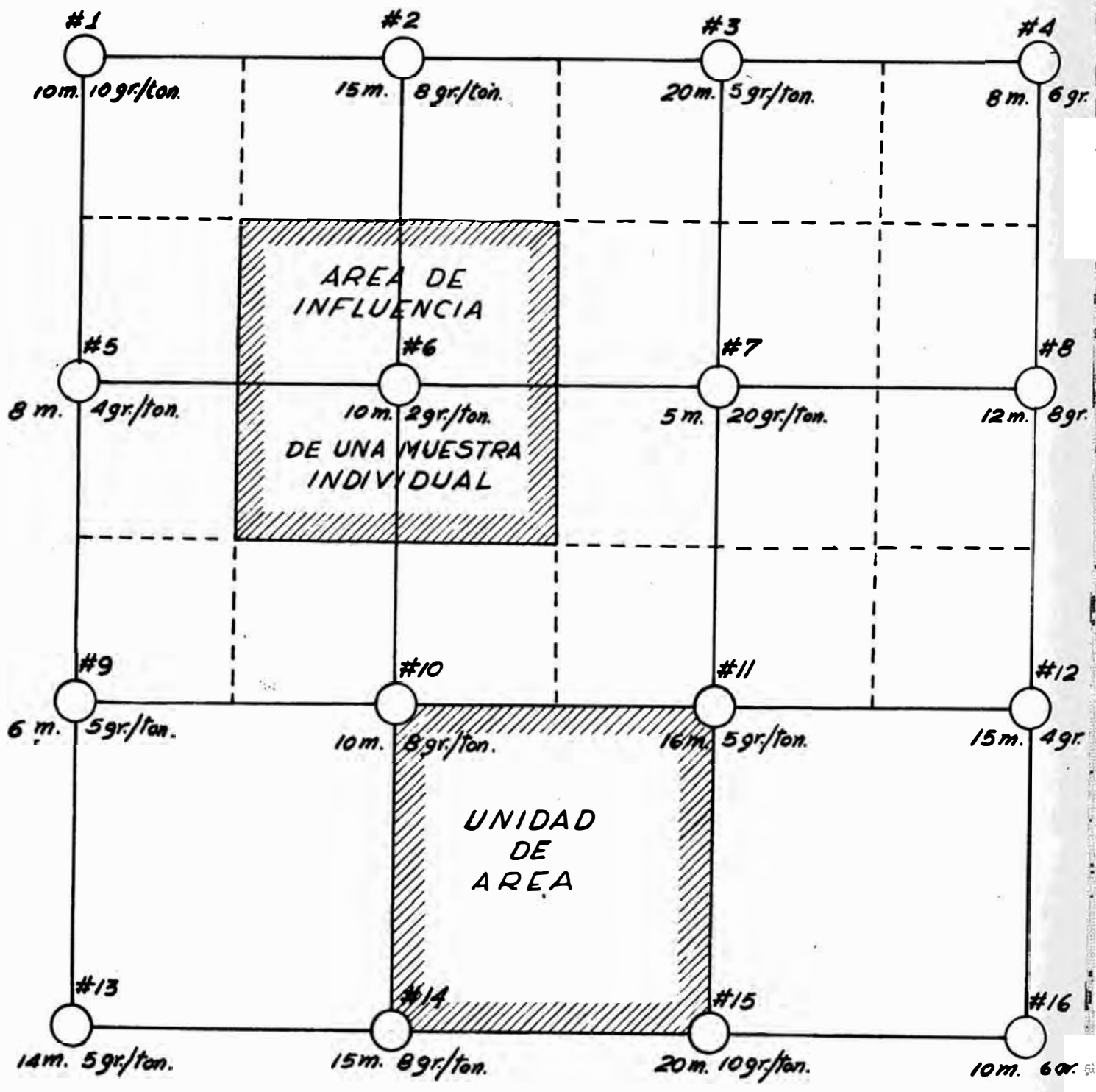
A2). CUANDO EL LIMITE DEL YACIMIENTO ES PRACTICAMENTE LA MISMA MUESTRA (LAMINA No. 3).

En este caso, las muestras tomadas no tienen áreas de influencia iguales.

El análisis promedio de cada volumen encerrado por líneas coordinadas adyacentes, será obtenido por la combinación de los productos profundidad por ley de las muestras de los cuatro extremos; la profundidad media será el promedio aritmético de las profundidades de las muestras extremas, y todas las unidades pueden ser combinadas según los factores profundidad y ley, como está tabulado en la LAMINA No. 4.

En los cálculos, las muestras de los vértices exteriores (Nos. 1, 4, 13 y 16), intervienen solo una vez; las muestras intermedias de los lados exteriores (Nos. 2, 3, 5, 8, 9, 12, 14 y 15), dos veces; y cada una de las muestras interiores, (Nos. 6, 7, 10 y 11), cuatro veces. Por lo tanto, para reducir los cálculos del muestreo a una operación simple, las muestras deberán ser calificadas por su VALENCIA, es decir, por su grado de validez ó importancia, o fuerza de combinación de unas con respecto a otras.

Los cálculos reducidos están tabulados en la LAMINA No. 4A.



LAMINA N° 3

UNIDAD DE AREA	Nº	PROF. LEY (m)	LEY gr/T	PROFUNDIDAD POR LEY	PROFUNDIDAD MEDIA	LEY MEDIA	PROFUNDIDAD MEDIA POR LEY MEDIA
1	1	10	10	100	$\frac{43}{4} = 10.75$	$\frac{272}{43} = 6.326$	68.004
	2	15	8	120			
	5	8	4	32			
	6	10	2	20			
		43		272			
2	2	15	8	120	$\frac{50}{4} = 12.50$	$\frac{340}{50} = 6.800$	85.000
	3	20	5	100			
	6	10	2	20			
	7	5	20	100			
		50		340			
3	3	20	5	100	$\frac{45}{4} = 11.25$	$\frac{344}{45} = 7.644$	85.995
	4	8	6	48			
	7	5	20	100			
	8	12	8	96			
		45		344			
4	5	8	4	32	$\frac{34}{4} = 8.50$	$\frac{162}{34} = 4.765$	40.502
	6	10	2	20			
	9	6	5	30			
	10	10	8	80			
		34		162			
5	6	10	2	20	$\frac{41}{4} = 10.25$	$\frac{280}{41} = 6.829$	69.997
	7	5	20	100			
	10	10	8	80			
	11	16	5	80			
		41		280			
6	7	5	20	100	$\frac{48}{4} = 12.00$	$\frac{336}{48} = 7.000$	84.000
	8	12	8	96			
	11	16	5	80			
	12	15	4	60			
		48		336			
7	9	6	5	30	$\frac{45}{4} = 11.25$	$\frac{300}{45} = 6.667$	75.004
	10	10	8	80			
	13	14	5	70			
	14	15	8	120			
		45		300			
8	10	10	8	80	$\frac{61}{4} = 15.25$	$\frac{480}{61} = 7.869$	120.002
	11	16	5	80			
	14	15	8	120			
	15	20	10	200			
		61		480			
9	11	16	5	80	$\frac{61}{4} = 15.25$	$\frac{400}{61} = 6.557$	99.994
	12	15	4	60			
	15	20	10	200			
	16	10	6	60			
		61		400			
T O T A L E S					107.00		728.498

PROFUNDIDAD MEDIA: $\frac{107.00}{9} = 11.89$ m.

LEY MEDIA: $\frac{728.498}{107.00} = 6.81$ gr/T.

LAMINA Nº 4

MUESTRA Nº	PROFUN- (m)	LEYES (gr/T)	PROFUNDIDAD POR L E Y	VALENCIA	PROFUNDIDAD POR VALENCIA	PROFUNDIDAD POR LEY POR VALENCIA
1	10	10	100	1	10	100
2	15	8	120	2	30	240
3	20	5	100	2	40	200
4	8	6	48	1	8	48
5	8	4	32	2	16	64
6	10	2	20	4	40	80
7	5	20	100	4	20	400
8	12	8	96	2	24	192
9	6	5	30	2	12	60
10	10	8	80	4	40	320
11	16	5	80	4	64	320
12	15	4	60	2	30	120
13	14	5	70	1	14	70
14	15	8	120	2	30	240
15	20	10	200	2	40	400
16	10	6	60	1	10	60
T O T A L E S				36	428	2914

PROFUNDIDAD MEDIA : $\frac{428}{36} = 11.89 \text{ m.}$

LEY MEDIA : $\frac{2914}{428} = 6.81 \text{ gr/T.}$

LAMINA Nº 4A

43). AGRUPAMIENTO POR LINEAS

Los valores promedios del grupo de muestras del problema anterior, puede también ser calculado promediando cada línea de huecos, y combinando con las demás líneas.

Para los efectos de esta operación, cada línea deberá ser considerada independientemente, y en la determinación de los valores promedios de cada línea de huecos, las muestras extremas deberán intervenir con peso uno, y las interiores, con peso dos. Igualmente, cuando se combinan los promedios de líneas, las líneas extremas tendrán peso uno, y las interiores, peso dos.

Los cálculos están tabulados en la LÁMINA No. 4B.

44). ESPACIAMIENTO EQUIDISTANTE DE SISTEMAS DE COORDENADAS DE 60 GRADOS.

Muestras espaciadas regularmente, no necesitan estar en un sistema de coordenadas rectangulares. Las muestras pueden ser tomadas en las intersecciones de un sistema de coordenadas oblicuas, de 60 grados, como aparece en la LÁMINA No. 5.

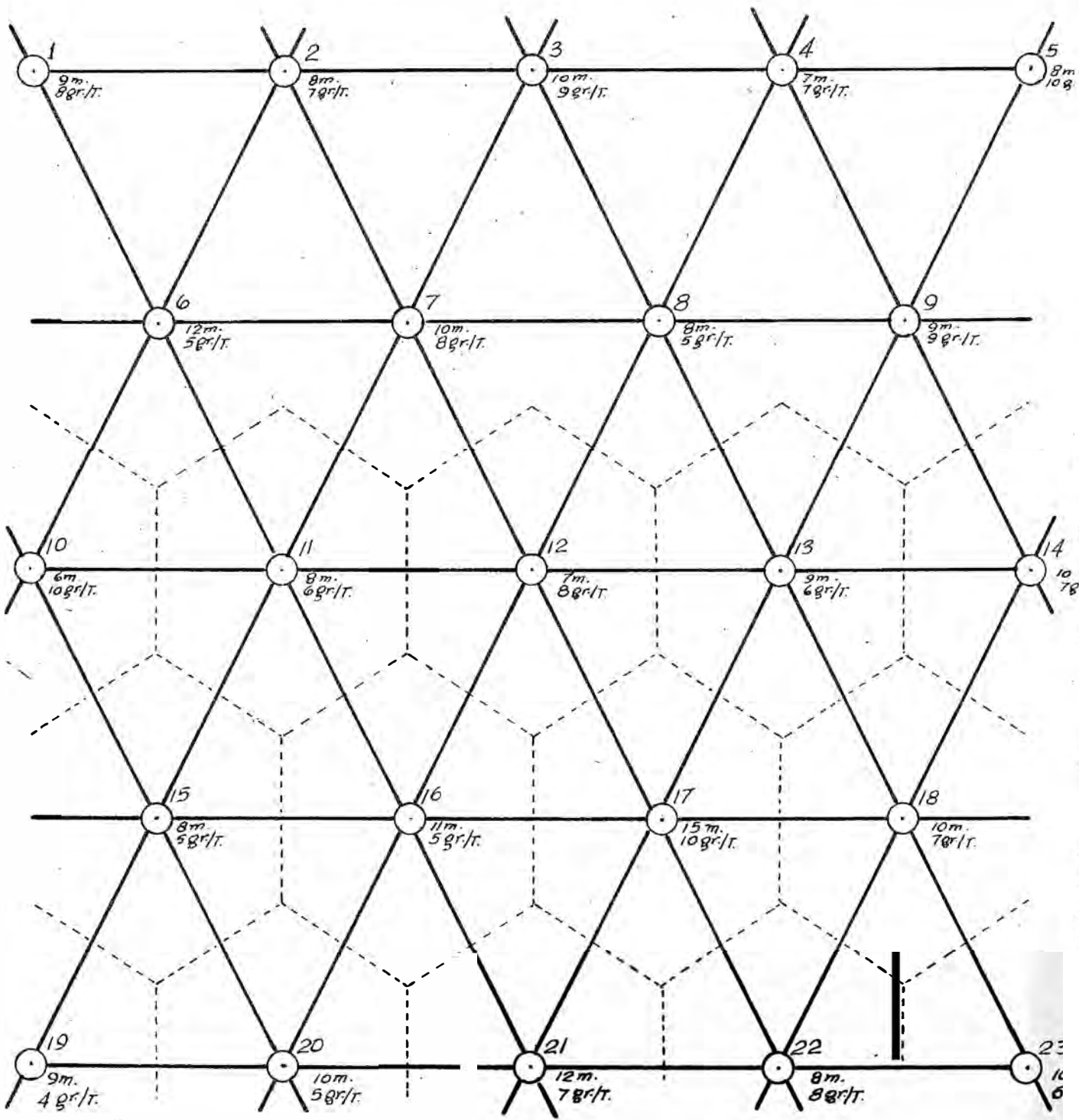
La unidad de área, en este caso, es un triángulo equilátero, y las áreas de influencia de todas las muestras, son exágonos regulares.

MUESTRA N°	PROF. (m.)	LEY (gr./T)	PE SO MUESTRA	PROF. POR PESO MUESTRA	PROF. x LEY x PESO MUESTRA	PROFUNDIDAD MEDIA LINEA	LEY MEDIA LINEA	PE SO LINEA	PROF. MEDIA POR PESO LINEA	PROF. MEDIA x LEY MEDIA POR PESO LINEA
1	10	10	1	10	100	$\frac{88}{6} = 14.667$	$\frac{588}{88} = 6.682$	1	14.667	98.004894
2	15	8	2	30	240					
3	20	5	2	40	200					
4	8	6	1	8	48					
			6	88	588					
5	8	4	1	8	32	$\frac{50}{6} = 8.333$	$\frac{368}{50} = 7.360$	2	16.666	122.661760
6	10	2	2	20	40					
7	5	20	2	10	200					
8	12	8	1	12	96					
			6	50	368					
9	6	5	1	6	30	$\frac{73}{6} = 12.167$	$\frac{410}{73} = 5.616$	2	24.334	136.659744
10	10	8	2	20	160					
11	16	5	2	32	160					
12	15	4	1	15	60					
			6	73	410					
13	14	5	1	14	70	$\frac{94}{6} = 15.667$	$\frac{770}{94} = 8.191$	1	15.667	128.328397
14	15	8	2	30	240					
15	20	10	2	40	400					
16	10	6	1	10	60					
			6	94	770					
T O T A L E S								6	71.334	485.654795

PROFUNDIDAD MEDIA GRUPO : $\frac{71.334}{6} = 11.89 \text{ m.}$

LEY MEDIA GRUPO : $\frac{485.654795}{71.334} = 6.81 \text{ gr./T.}$

LAMINA N° 4B



LAMINA

A5). ESPACIAMIENTO SEMI-REGULAR

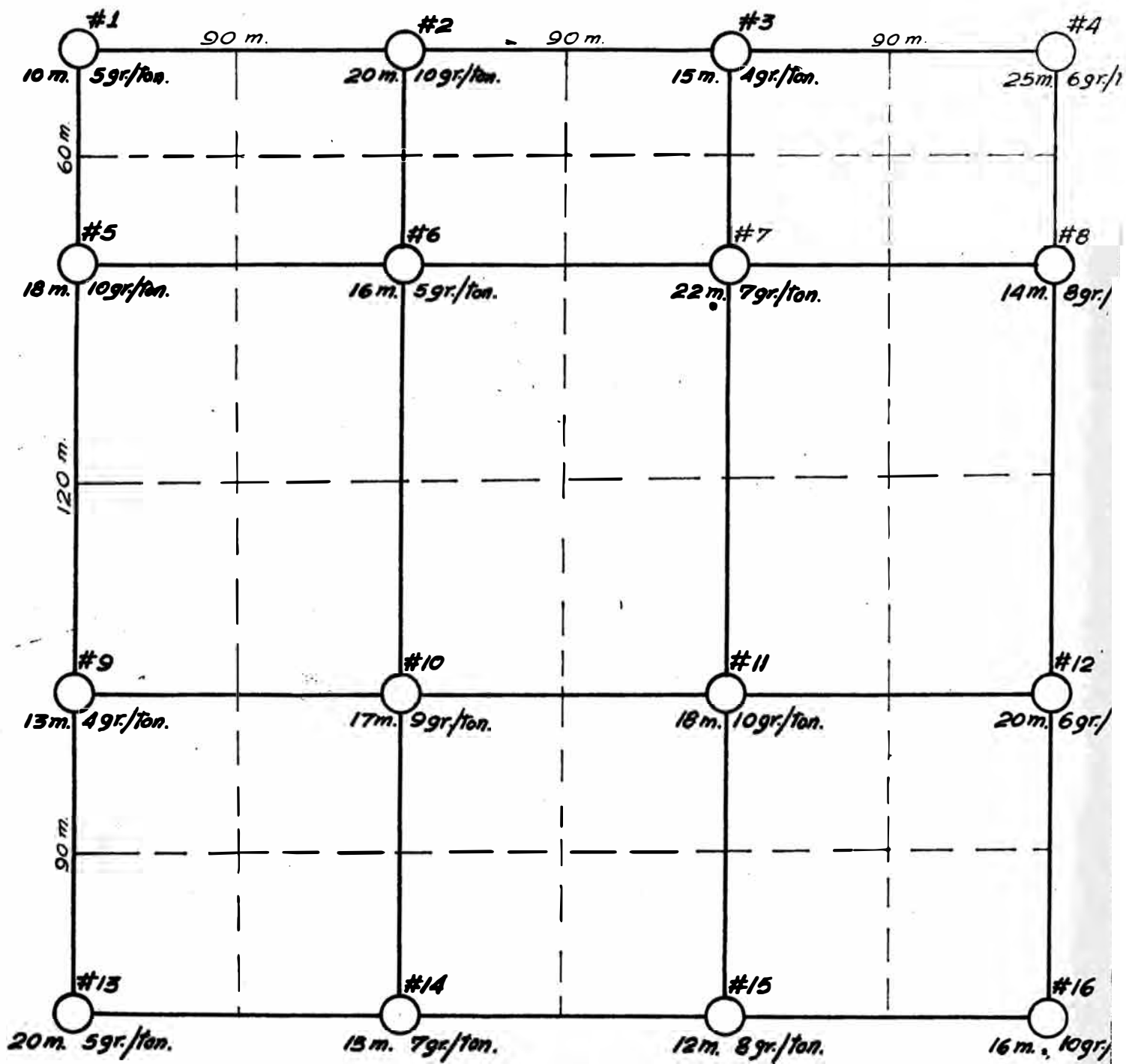
Las muestras pueden ser regular o irregularmente espaciadas en líneas, y las mismas líneas pueden estar regular o irregularmente espaciadas (LAMINA No. 6).

En una combinación cualquiera de muestras en líneas, el análisis promedio del plano o sección longitudinal de cada línea, puede ser determinada operando con las profundidades y distancias de influencia de las muestras de la línea. Las secciones línea pueden ser combinadas para obtener un promedio total, considerando sus áreas y distancias de influencia. En otras palabras, las muestras en una línea pueden ser combinadas tomando en cuenta sus áreas de influencia para obtener el promedio de cada sección representada por la línea, y las líneas pueden ser agrupadas en proporción de sus volúmenes de influencia. En la LAMINA No. 6 se observa un ejemplo de muestras espaciadas regularmente en líneas espaciadas irregularmente.

Los cálculos correspondientes están tabulados en la LAMINA No. 7.

Estos cálculos pueden ser simplificados introduciendo el concepto de VALENCIA de una muestra.

Para determinar las valencias de las diferentes muestras, se tomará como AREA UNITARIA, un rectángulo de 30 mts.



LAMINA Nº 6

MUESTRA Nº	PROFUN- DIDAD (m.)	LEY gr/T	PROFUN. POR L E Y	VALORES MEDIOS	AREA	VOLUMEN	VOLUMEN POR L E Y
1	10	5	50	prof media : $\frac{64}{4} = 16.0$ ley media : $\frac{510}{64} = 7.97$	5400	86.400	688,608.0
2	20	10	200				
5	18	10	180				
6	<u>16</u>	5	<u>80</u>				
	64		510				
2	20	10	200	prof media : $\frac{73}{4} = 18.25$ ley media : $\frac{494}{73} = 6.77$	5400	98,550	667,183.5
3	15	4	60				
6	16	5	80				
7	<u>22</u>	7	<u>154</u>				
	73		494				
3	15	4	60	prof media : $\frac{76}{4} = 19.00$ ley media : $\frac{476}{76} = 6.26$	5400	102,600	642,276.0
4	25	6	150				
7	22	7	154				
8	<u>14</u>	8	<u>112</u>				
	76		476				
5	18	10	180	prof media : $\frac{64}{4} = 16.00$ ley media : $\frac{465}{64} = 7.27$	10,800	172,800	1,256,256.0
6	16	5	80				
9	13	4	52				
10	<u>17</u>	9	<u>153</u>				
	64		465				
6	16	5	80	prof media : $\frac{73}{4} = 18.25$ ley media : $\frac{567}{73} = 7.77$	10,800	197,100	1,531,470.0
7	22	7	154				
10	17	9	153				
11	<u>18</u>	10	<u>180</u>				
	73		567				
7	22	7	154	prof media : $\frac{74}{4} = 18.50$ ley media : $\frac{566}{74} = 7.65$	10,800	199,800	1,528,470.0
8	14	8	112				
11	18	10	180				
12	<u>20</u>	6	<u>120</u>				
	74		566				
9	13	4	52	prof media : $\frac{65}{4} = 16.25$ ley media : $\frac{410}{65} = 6.31$	8,100	131,625	830,553.8
10	17	9	153				
13	20	5	100				
14	<u>15</u>	7	<u>105</u>				
	65		410				
10	17	9	153	prof media : $\frac{62}{4} = 15.5$ ley media : $\frac{534}{62} = 8.61$	8,100	125,550	1,080,985.5
11	18	10	180				
14	15	7	105				
15	<u>12</u>	8	<u>96</u>				
	62		534				
11	18	10	180	prof media : $\frac{66}{4} = 16.5$ ley media : $\frac{556}{64} = 8.42$	8,100	133,650	1,125,333.0
12	20	6	120				
15	12	8	96				
16	<u>16</u>	10	<u>160</u>				
	66		556				
T O T A L E S					72,900	1'248,075	9'351,132.8

PROFUNDIDAD MEDIA TOTAL : $\frac{1'248,075}{72,900} = 17.12 \text{ m}$

LEY MEDIA TOTAL : $\frac{9'351,132.8}{1'248,075} = 7.49 \text{ gr/T.}$

LAMINA Nº 7

por 45 mts., ó 1,350 m², que corresponde al área de influencia de las muestras Nos. 1 y 4, las que se eligen como término de comparación, por ser las más pequeñas.

Los cálculos están tabulados en la LAMINA No. 74.

A6). AGRUPAMIENTO IRREGULAR

Los trabajos de exploración por perforación ó profundización de labores en un cuerpo mineralizado, es rara vez desarrollado de una manera sistemática, por que un programa completo es justificado solamente cuando trabajos preliminares han señalado, aproximadamente, los límites del yacimiento, y los valores encontrados permitan abrigo expectativas que garanticen la inversión del capital necesario. El ingeniero envia a examinar una propiedad minera, establecerá, generalmente, que los trabajos previos consistirán en tomar muestras espaciadas irregularmente. Es conveniente realizar un estudio preliminar del yacimiento, para conocer sus características aproximadas. Un conocimiento claro de la geología, particularmente las relaciones estructurales, contribuirán en el planeamiento efectivo del programa de exploración.

La combinación de los valores de las muestras tomadas correctamente en un grupo irregularmente espaciado, dá valores medios que refleja, con bastante aproximación, la naturaleza

MUESTRA Nº	PROFUN- DIDAD (m.)	L E Y gr./T.	VALENCIA	PROFUNDIDAD POR VALENCIA	PROFUNDIDAD POR LEY POR VALENCIA
1	10	5	1	10.0	50
2	20	10	2	40.0	400
3	15	4	2	30.0	120
4	25	6	1	25.0	150
5	18	10	3	54.0	540
6	16	5	6	96.0	480
7	22	7	6	132.0	924
8	14	8	3	42.0	336
9	13	4	3.5	45.5	182
10	17	9	7	119.0	1071
11	18	10	7	126.0	1260
12	20	6	3.5	70.0	420
13	20	5	1.5	30.0	150
14	15	7	3	45.0	315
15	12	8	3	36.0	288
16	16	10	1.5	24.0	240
T O T A L E S			54.0	924.5	6926

$$\text{PROFUNDIDAD MEDIA : } \frac{924.5}{54.0} = 17.12 \text{ m.}$$

$$\text{LEY MEDIA : } \frac{6926}{924.5} = 7.49 \text{ gr./T.}$$

LAMINA Nº 7A

del yacimiento. Se debe tener cuidado al realizar la operación del muestreo en zonas enriquecidas por concentración, para evitar una supervalorización del yacimiento.

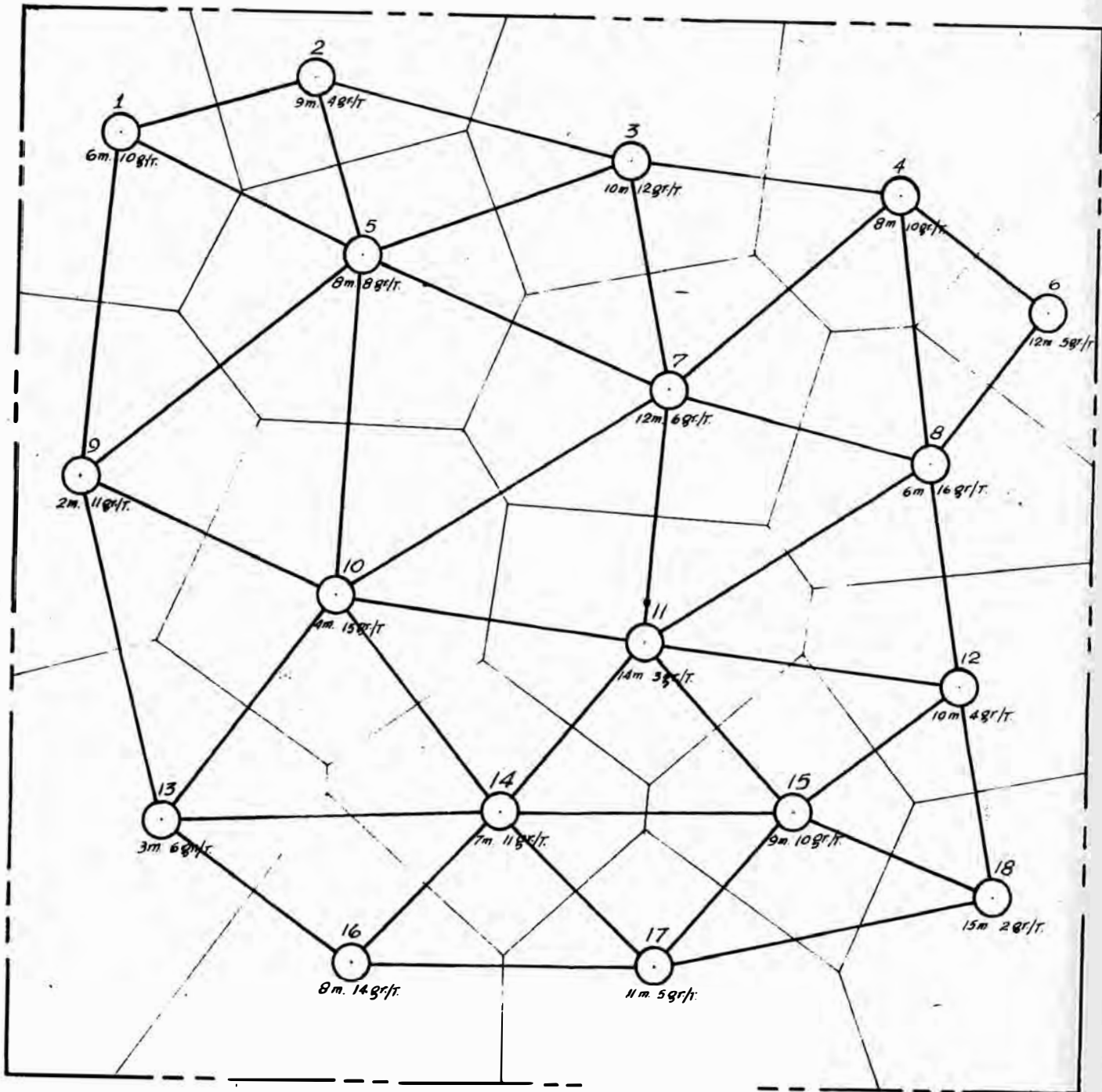
El criterio empleado para calcular los valores medios, es el área de influencia de las muestras.

Asumiendo una mineralización uniforme del yacimiento, la influencia de cualquier muestra individual abarcará hasta los puntos medios de las líneas que lo unen con las muestras adyacentes. El área de influencia de cualquier muestra será, por consiguiente, un polígono cuyos lados pasarán por dichos puntos medios.

Consideremos el programa hipotético de exploración por perforación o profundización de labores de la LAMINA No. 8. El área de influencia de cualquier hueco se determinará trazando las mediatrices de las líneas radiales que unen el hueco en cuestión, con los huecos adyacentes.

Este proceso es repetido para cada uno de los otros huecos, y las áreas de influencia pueden ser calculados con la ayuda de un planímetro.

La tabulación y el cómputo de los datos se dan en la LAMINA No. 9.



ESCALA 1:500

LAMINA N° 8

HUECO Nº	AREA DE INFLUENCIA (m ²)	PROFUN- DIDAD (m)	VOLUMEN (m ³)	LEY (gr/T)	VOLUMEN POR LEY
1	340	6	2040	10	20400
2	240	9	2160	14	8640
3	430	10	4360	12	51600
4	460	8	3680	10	36800
5	430	8	3440	8	27520
6	200	12	2400	5	12000
7	430	12	5160	6	30960
8	360	6	2160	16	34560
9	400	2	800	11	8800
10	480	4	1920	15	28800
11	380	14	5320	3	15960
12	320	10	3200	4	12800
13	560	3	1680	6	10080
14	310	7	2170	11	23870
15	280	9	2520	10	25200
16	390	8	3120	14	43680
17	400	11	4400	5	22000
18	400	15	6000	2	12000
	6810		56470		425670

$$\text{PROFUNDIDAD MEDIA : } \frac{56470}{6810} = 8.29 \text{ m.}$$

$$\text{LEY MEDIA : } \frac{425670}{56470} = 7.54 \text{ gr/T}$$

LAMINA Nº 9

A7). AGRUPAMIENTO TRIANGULAR

Es, posiblemente, el método simplificado y más ampliamente usado para la combinación de muestras de placer espaciadas irregularmente.

El área mineralizada es subdividido en blocks triangulares, con un hueco de perforación en cada vértice. valores medios de cada block son calculados combinando los valores de las muestras de los vértices, y por combinación de los factores volumen y ley de los prismoides individuales, se obtendrán los valores medios del área total.

El grado de irregularidad en el espaciamiento de las muestras, la uniformidad de los análisis individuales o el grado en el cual están errados, y la configuración del cuerpo muestreado, son factores importantes a ser considerados al adoptar este método de muestreo. Debe tomarse una atención particular para evitar asignar un énfasis excesivo a cualquier hueco, centrando muchos triángulos a su alrededor.

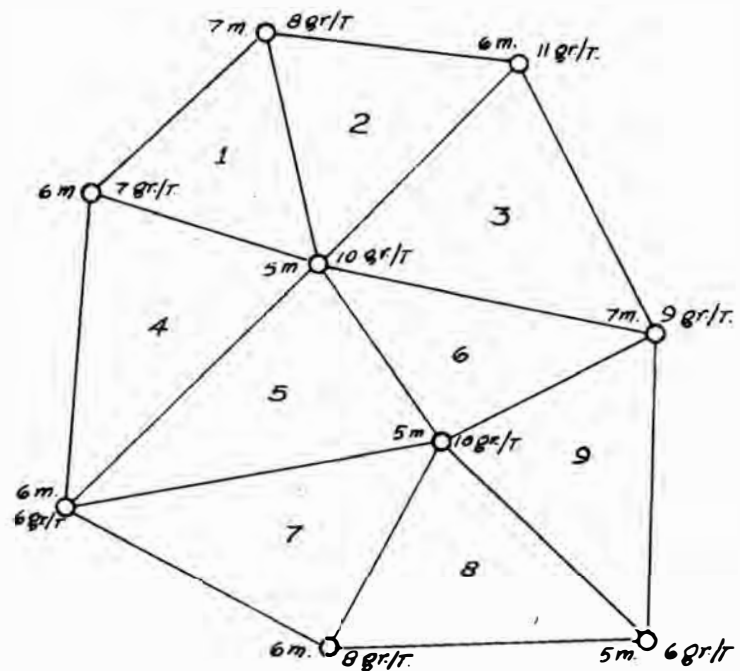
La LAMINA No. 10 es un plano de un depósito de placer hipotético, con muestras espaciadas irregularmente y agrupadas en triángulos; además contiene los cálculos en forma tabulada.

En estos cálculos se podrá observar que los productos volumen por ley para cada prismoide, son en realidad los valo-

Δ	DATOS	PROF. LEY	PROF. AREA	VOLUMEN	VOLUMEN
N°	MUESTRA	POR LEY MEDIA	MEDIA Δ		POR LEY
1	7 8	56			
	5 10	50	$\frac{148}{18} = \frac{18}{3} =$	2001	
	6 7	42		2007	
	18	148	8.22	6.00	2004	12024 98837.28
2	7 8	56			
	6 11	66	$\frac{172}{18} = \frac{18}{3} =$	2322	
	5 10	50		2323	
	18	172	9.56	6.00	2323	13938 133247.28
3	6 11	66			
	7 9	63	$\frac{179}{18} = \frac{18}{3} =$	3315	
	5 10	50		3335	
	18	179	9.94	6.00	3325	19950 198303.00
4	6 7	42			
	5 10	50	$\frac{128}{17} = \frac{17}{3} =$	2989	
	6 6	36		3001	
	17	128	7.53	5.67	2995	16982 121874.46
5	5 10	50			
	5 10	50	$\frac{136}{16} = \frac{16}{3} =$	3034	
	6 6	36		3056	
	16	136	8.50	5.33	3045	16230 137955.00
6	5 10	50			
	7 9	63	$\frac{163}{17} = \frac{17}{3} =$	2081	
	5 10	50		2072	
	17	163	9.59	5.67	2077	11777 112941.43
7	6 6	36			
	5 10	50	$\frac{134}{17} = \frac{17}{3} =$	2836	
	6 8	48		2843	
	17	134	7.88	5.67	2840	16103 126891.64
8	5 10	50			
	5 6	30	$\frac{128}{16} = \frac{16}{3} =$	2649	
	6 8	48		2666	
	16	128	8.00	5.33	2658	14167 113336.00
9	5 10	50			
	7 9	63	$\frac{143}{17} = \frac{17}{3} =$	2649	
	5 6	30		2666	
	17	143	8.41	5.67	2658	15071 126747.11

136242 1176133.20

LEY MEDIA: $\frac{1176133.20}{136242} = 8.63 \text{ gr/t.}$



ESCALA 1:240

LAMINA N° 10

ros del mineral que contienen.

El área de cada triángulo ha sido calculado por dos métodos, y el promedio de ellas ha intervenido en el cálculo del volumen del prismoide. En el primer método se han medido los elementos de cada triángulo (base y altura) a la escala del plano, y aplicado luego la fórmula que da el área de un triángulo ($\text{base} \times \frac{1}{2} \text{ altura}$). En el segundo método se usó un planímetro, habiéndose tomado la media aritmética de dos o más lecturas. El área final es el promedio de las anteriores.

Obviamente no es necesario usar ambos métodos; el cálculo anterior solo tiene el objeto de mostrar la precisión que ofrecen dichos métodos. La elección final queda a criterio del interesado.

Una precisión alta se consigue empleando un sistema de coordenadas rectangulares.

B) . MUESTREO DE YACIMIENTOS DE GRAN BUZAMIENTO Y DE MEDIANA Y BAJA POTENCIAS.

Es la clase de yacimientos que más abundan; son los yacimientos epigenéticos de origen magmático, cuyas potencias oscilan entre unos pocos centímetros y varios metros, y cuyos buzamientos pueden variar entre 45 grados y 90 grados. El muestreo de estos yacimientos se ejecuta por medio de labores sub

terráneas, y el desarrollo se realiza con galerías horizontales y con chimeneas o, piques en el yacimiento. Tomaremos este tipo de yacimientos para exponer los métodos de muestreo y ubicación.

De conformidad a los principios que hemos expuesto sobre el muestreo, hay que dividir el yacimiento en partes. La primera división queda hecha por galerías horizontales y por las labores verticales o inclinadas (piques o chimeneas). Si la potencia del yacimiento es superior al ancho de las labores, quedará gran parte del yacimiento sin descubrir, y para obviar esto, se perforan labores transversales llamadas estocadas. Las distancias entre estas labores se elegirán tomando en cuenta el aspecto técnico con el económico, todo según principios que rigen los métodos de explotación.

Queda así dividido el yacimiento en blocks de forma aproximadamente prismáticos, limitados por dos galerías, dos chimeneas y la tercera dimensión la determina la potencia del yacimiento o las estocadas perforadas con el objeto de reconocer esta dimensión.

Si estos blocks están vírgenes; es decir, si todavía no han sido sometidos a explotación, tendrán una forma regular; pero si han sido explotados en parte, la porción que queda tendrá una forma irregular.

Estos blocks son muy grandes para considerarlos como

unidades y se deben subdividir en partes más pequeñas, cuyas dimensiones dependan de la regularidad de la mineralización; mientras más irregular sea, más pequeñas deberán ser las partes.

La forma es un prisma cuyas dimensiones quedan definidas como sigue: una de las bases es la que dá la labor de muestreo; sus lados se orientan: el ancho, según la corrida del yacimiento, y su magnitud es función de la regularidad de la mineralización; será mayor, mientras más regular sea ésta; el largo es normal al yacimiento y es igual al largo de la muestra; la altura del prisma se interna en el block y también se fija según la regularidad de la mineralización.

Hemos dicho que la altura del prisma se interna en el block, hácia la parte desconocida. Cuánto?; ésta es la incógnita; solo se puede fijar después de un estudio concienzudo de las características del yacimiento, principalmente de la mineralización. Esta penetración se denomina influencia de la muestra.

Se muestrea cada uno de estos prismas, que consiste en retirar de él una porción de material que aceptamos representa la calidad del prisma y se llama muestra. El hueco dejado por la muestra en el yacimiento, debe ser, a su vez, un prisma regular, es decir, un paralelepípedo. La muestra se toma en el centro de la cara visible, normalmente al rumbo

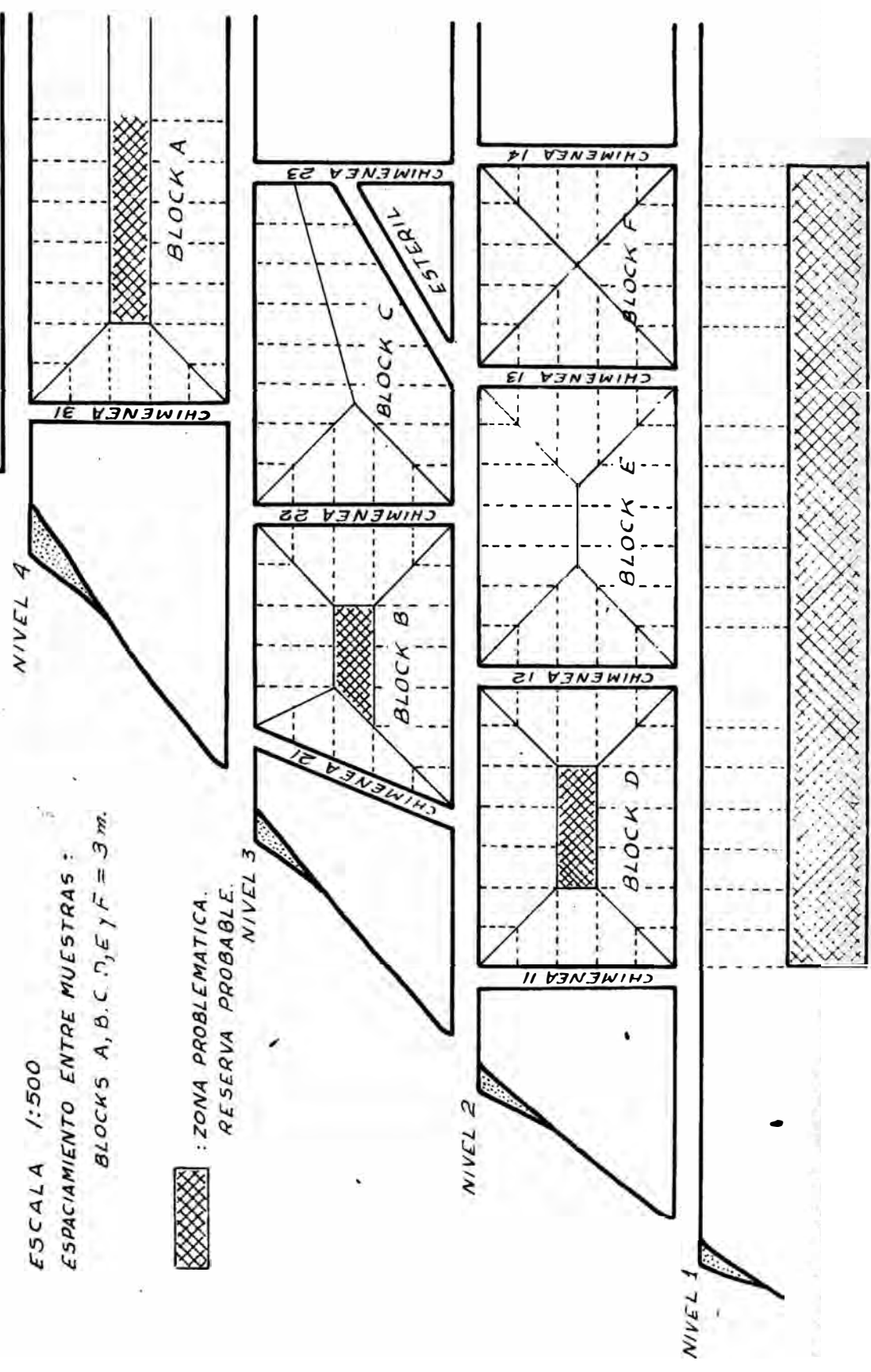
del yacimiento, es decir, según su potencia.

En la LAMINA No. 11, que representa una proyección sobre un plano paralelo al yacimiento, se ha hecho figurar varios blocks (A, B, C, D, E y F), limitados por socavones y chimeneas.


Block A : está limitado por los socavones de los niveles 3 y 4, y la chimenea 31; o sea, está reconocido por tres caras que se pueden muestrear. Si todavía no se conoce suficientemente, por falta de leyes, las características de la mineralización del yacimiento para fijar el radio de influencia de las muestras y el espaciamiento entre ellas, o sea, el ancho de la base del prisma, se fija una cifra de acuerdo con los antecedentes que existen. Se puede aplicar dos criterios: uno, se fija el espaciamiento mínimo hasta conocer los resultados del ensaye de las primeras muestras tomadas, para después si la mineralización resulta regular; y el otro, se dá un espaciamiento mayor, para rellenarlo después, si fuese necesario. Se puede fijar como límites extremos para el espaciamiento entre muestras, de seis metros para mineralización excepcionalmente homogénea, y de 1.0-1.5 metros, para mineralización muy irregular.

Se muestrean las tres caras libres del block; el muestreo de la chimenea es indispensable para conocer la variación de las leyes en sentido vertical, lo que ayudará a fijar la in

LAMINA Nº 11



ESCALA 1:500
 ESPACIAMIENTO ENTRE MUESTRAS :
 BLOCKS A, B, C, D, E Y F = 3 m.

 : ZONA PROBLEMÁTICA.
 RESERVA PROBABLE.

fluencia de las muestras.

Subido es que la mineralización de un yacimiento no es uniforme, sobre todo en la zona primaria; los procesos secundarios de oxidación han contribuido a emparejar algo la mineralización en la zona secundaria. Por consiguiente, existirán en cada yacimiento unos sectores más ricos que otros, y también se producen zonas de broceo y zonas estériles. Estas variaciones exigen considerar independientemente cada block para los efectos de fijar la influencia de las muestras.

Conocidos los resultados del ensaye de las muestras de un block, se mantiene o se modifica el espaciamiento del muestreo, y se fija el radio de influencia. Se trazan enseguida, líneas paralelas a las caras muestreadas y a la distancia del radio de influencia, que puede ser distinto para cada cara.

Tenemos ya dos dimensiones del prisma: ancho y alto; la tercera dimensión está dada por el largo de la muestra en dirección normal al rumbo, es decir, según la potencia del yacimiento.

La potencia del yacimiento puede variar desde unos pocos centímetros hasta varios metros; en este último caso, la mineralización también puede ser muy variable. Si la potencia es reducida, será suficiente una sola muestra, pero si mide varios metros, debe fraccionarse la muestra en partes

iguales si la mineralización es uniforme; pero si la mineralización es variable, se tomarán muestras cuyos largos coincidan con dichas variaciones. Se tiene así, que el prisma formado por la distancia entre muestras, potencia total del yacimiento y radio de influencia de la muestra (altura), queda subdividido en varios prismas.

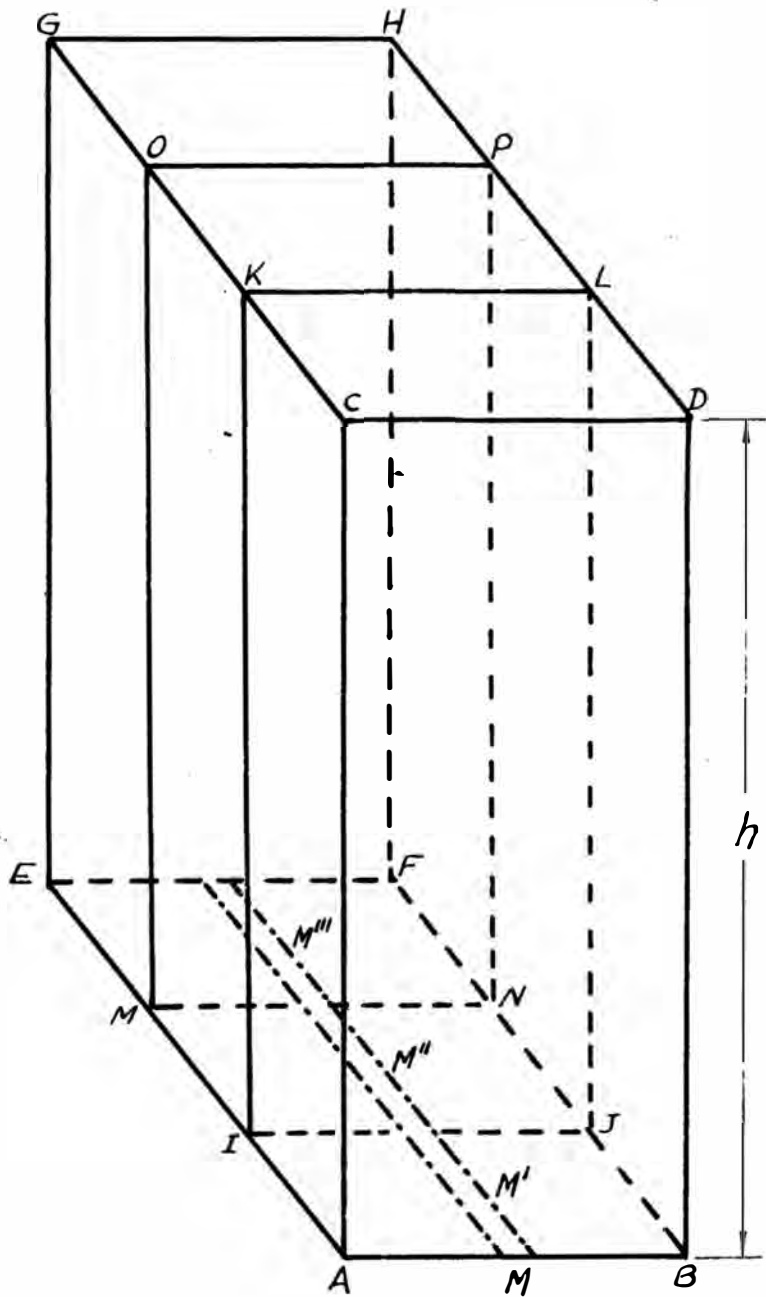
Ejemplo: LAMINA No. 12. El prisma Δ BCDEFGH, cuya muestra representativa es M, está formado por el espaciamiento AB por el radio de influencia h, y por la potencia del yacimiento muestreado AE; está subdividido en tres prismas, por que la potencia AE se ha dividido en tres muestras parciales: M', M'' y M''', representativas cada una de los prismas menores.

Hemos dicho que mientras más irregular sea la mineralización, menor debe ser el espaciamiento y menor la influencia de las muestras; en otras palabras, menor será el tamaño de los prismas en que se divide el block, y por consiguiente, mayor será el número de muestras que se debe tomar.

En un block dado se pueden presentar los siguientes casos:

a). La influencia de las muestras lo abarca totalmente; en cuyo caso, la totalidad del mineral que contiene se dá por conocida, y su ley será la ley media del total de las muestras tomadas. Ejemplos: los blocks C, E y F. (LAMINA No. 11).

b). La influencia de las muestras no alcanza abarcar



LAMINA Nº 12

todo el interior del block y queda una zona problemática que se ha representado con achurado en los blocks A, B y D de la LAMI-
NA No. 11.

De lo anterior se puede concluir que la distancia entre las labores de desarrollo de un yacimiento deberá ser menor mientras más irregular sea la mineralización, a fin de dejar el mínimo de mineral problemático, que al mismo tiempo dificulta la explotación.

OPERACION DEL MUESTREO

Siendo el muestreo una de las operaciones más delicadas en la valorización de un yacimiento, es preciso adoptar todas las precauciones tendientes a evitar adulteraciones de la muestra. Las adulteraciones pueden ser de dos clases: adulteraciones involuntarias, originadas por errores cometidos durante la operación del muestreo, debido a ignorancia o negligencia del operador, y adulteraciones fraudulentas.

Las adulteraciones involuntarias se evitan eligiendo personal competente y consciente, que cumpla fielmente las instrucciones que se imparta referente a las normas del muestreo.

Las adulteraciones fraudulentas o saladuras, en término minero, las producen los interesados en vender la mina que se estudia, aumentando fraudulentamente las leyes del ya-

cimiento, con el objeto de interesar al posible comprador y obtener un precio superior al real.

Los procedimientos empleados para ~~salas~~ las muestras son numerosos y solamente mencionaremos algunos: la saladura se puede efectuar en el mismo yacimiento antes de tomar la muestra, en la misma muestra después de tomada, durante la realización de ella, hasta obtener el paquete que se ha de entregar al laboratorio para su ensaye; y finalmente, en el laboratorio químico, sea durante el ensaye, sea adulterando los resultados obtenidos.

Con el objeto de evitar cualquier adulteración, se procede a ejecutar el muestreo aplicando de una manera rigurosa todos los principios que rigen en esta operación.

No pretendemos que lo que vamos a exponer a continuación sea lá única y mejor manera de operar, pero es la más recomendable por que dá espléndidos resultados:

1). Se elige personal competente y de confianza. Si la mina que se vá a muestrear es donde el ingeniero trabaja habitualmente, se debe tener una o más cuadrillas especializadas en esta clase de trabajos. Las adulteraciones pueden ser únicamente involuntarias, y, por lo tanto, los riesgos son mínimos. Pero si se estudia una mina ajena en calidad de Ingeniero Informante, existen todos los riesgos mencionados anteriormente, y las precauciones deben ser máximas. En este

caso, hay que tratar en lo posible de no ocupar de faena, hay que llevarlo de afuera. Si el trabajo es grande, que exija mucho personal, y por consiguiente, difícil controlarlo fuera, por lo menos debe serlo los ayudantes y capataces encargados de vigilar el muestreo.

2). Debe prohibirse a los interesados frecuentar los lugares del muestreo.

3). No debe marcarse en el yacimiento, ni en las paredes de las labores, los lugares donde se vá a tomar las muestras, sino en el momento del muestreo y solamente la cantidad de muestras que se vá a tomar durante la jornada.

4). Iniciado el trabajo, se trazan líneas normales al rumbo del yacimiento, en los lugares donde se vá a tomar las muestras.

5). Con cuñas o punzones se saca una capa de mineral de un ancho superior al que vá a tener la muestra, toda la potencia del yacimiento, abarcando también parte de la roca encajadora de ambos extremos. Con esta operación se persigue dos objetivos: primero, dejar a la vista el yacimiento fresco a fin de observarlo bien para fraccionar las muestras, si es necesario; y segundo, eliminar la capa superficial que ha estado expuesta a las adulteraciones naturales por los agentes atmosféricos, como son la formación de Chalcantita, brochantita, etc., en yacimientos de cobre, y a la saladura,

lo que se puede hacer dispersando tiros de escopeta cargada con polvo de material enriquecido, o bién, impregnando con soluciones ricas del metal, por ejemplo: cloruro de oro, cianuro de oro, nitrato de plata, etc.

El espesor de la capa que se saca dependerá de la dureza del yacimiento; mientras más blanda sea, mayor debe ser el espesor, por que las adulteraciones profundizan más fácilmente.

Desde el momento en que se inicia esta operación, debe intensificarse la vigilancia en la operación.

6). Debe evitarse el muestreo en los pisos de las labores, por que está muy expuesto a adulteraciones naturales; por ejemplo: con polvo de mineral, con agua y barro fino que infiltra por las grietas naturales o producidas por los disparos durante los avances, de manera que la adulteración es muy profunda. Si el emparejamiento del piso de la galería para el enrielado se hace con mineral de los avances, se producirá enriquecimiento, y si se hace con la roca estéril, se producirá empobrecimiento. El muestreo del techo de la labor debe servir también para los blocks de los pisos. Pero si el techo ha sido arrancado y no hay otra cara para muestrear que la de los pisos, no habrá más solución que hacerlo, y en este caso el ingeniero deberá analizar las condiciones del lugar y fijar la manera de tomar las muestras que representen menos pe-

ligro de adulteración. Condiciones indispensables son que el espesor de limpieza debe ser mayor a lo normal, y la cantidad de muestras tomadas debe ser también superior, dando mayor profundidad al canal. Incluso se debe rechazar el fino que se forma y lavar los trozos grandes.

7). La muestra debe ser en lo posible normal a la inclinación del yacimiento, para que represente la verdadera potencia, y si no es posible hacerlo, se la calcula multiplicando el largo de la muestra tomada por el coseno del ángulo formado por la normal a la inclinación del yacimiento y por la muestra tomada. (FIG. 4., LAMINA No. 13).

$$p = L \cdot \cos \alpha$$

Si la muestra tomada es horizontal, la fórmula anterior se transforma en $p = L \cdot \sin \beta$, siendo β la inclinación del yacimiento. Debe evitarse tomar la muestra a lo largo de grietas, pues en ellas puede haberse producido un enriquecimiento primario o secundario.

8). Si el techo de la labor donde se vé a tomar la muestra tiene asperezas, la preparación se efectúa en la forma que indica la FIG. 4. de la LAMINA No. 13. Se vé que el yacimiento es más potente que el ancho de la labor. Se trata de dar al techo la mayor anchura para que abarque el máximo del yacimiento, pero así y todo no se alcanza a abarcar toda la potencia, siendo $p = p' + p''$.

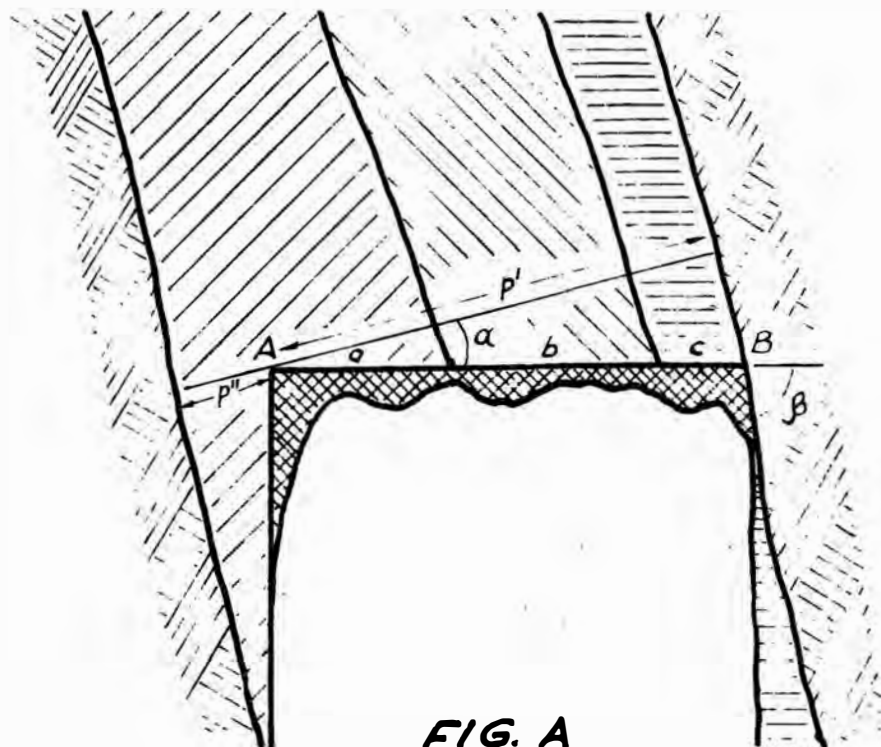



FIG. A

a, b y c : diferentes zonas mineralizadas del yacimiento.

 *: porción arrancada para limpiar y emparejar.*

p'' : porción del yacimiento no muestreada.

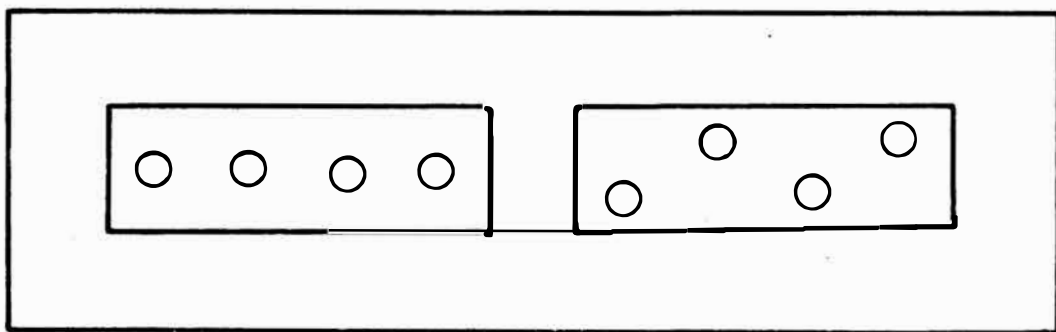


FIG. B

La muestra debe tomarse solamente entre A y B; no debe tomarse del yacimiento que queda en los hastiales de la labor.

Para tener la potencia total, hay que arreglarse de alguna manera para medir la porción p' , que el ingeniero debe ingeniárselas en cada caso.

El largo total de la muestra tomada es $a + b + c$, y para reducirlo a la potencia parcial p' , se multiplica por el coseno de α ; $p' = (a + b + c) \cdot \cos \alpha$.

En el ejemplo de la FIG. A de la LAMINA No. 13, la muestra tiene posición horizontal, por consiguiente:

$$p' = (a + b + c) \cdot \text{sen } \beta$$

Siendo β la inclinación del yacimiento.

La verdadera potencia del yacimiento será:

$$p = (a + b + c) \cdot \text{sen } \beta + p''$$

Conviene hacer la determinación de la potencia verdadera en el terreno mismo, para no exponerse a omisiones de datos.

9). Conocidas las características físicas y mineralógicas del yacimiento, se fija el largo de la muestra, el ancho y la profundidad. Es conveniente proveer al muestreo de un block de madera cuyo largo sea igual al ancho de la muestra, y se marca en él la profundidad que se desea dar. El hueco o canal dejado después de tomar la muestra debe

ser un paralelepípedo perfecto; o sea, debe sacarse uniformemente las partes duras y blandas.

Existe la tendencia de dejar las partes duras por lo difícil que es su extracción y sacar mayor cantidad de las partes blandas, lo que significa adulterar la muestra.

También es buena práctica marcar el ancho de la muestra con dos rayas paralelas con pintura, y con rayas transversales el largo de las muestras parciales para que su individualización sea duradera.

10). Se puede tomar la muestra a mano ó a máquina.

A. MANO : si el yacimiento es blando; las herramientas empleadas son el punzón y el martillo minero. Si el yacimiento es duro, la cuña se enterrará difícilmente y el trabajo será lento y defectuoso.

En este caso, se barrenan taladros de profundidad distribuidos en la forma que se indica en la FIG. B de la LAMINA No. 13, según lo requiera la calidad del material. Se carga con un poco de dinamita y un fulminante. Efectuado el disparo, parte del material se habrá desprendido y parte habrá quedado quebrado "in situ". Se procede enseguida a formar el hueco del paralelepípedo con las cuñas.

A. MÁQUINA : si el yacimiento es blando, se emplea la quebradora neumática (Paving Breaker), con la clase de cuñas que el caso requiera.

Si el yacimiento es duro, se emplea una perforadora corriente, liviana; si el muestreo se efectúa en el techo, se empleará una montura telescópica y la perforación y disparos de los taladros se ejecuta de la manera descrita anteriormente; pero el corte del canal se hace con cuña a mano.

11). La muestra se recibe en una lona extendida sobre el suelo, o también, sobre un cubo plegable de lona o una caja. Debe evitarse el uso de sacos por que se expone a pérdidas de finos por cernidura. De nada sirve haber extremado las precauciones al cortar la muestra, si existe negligencia en las operaciones posteriores.

Por eso recomendamos el uso de una lona lo suficientemente grande para que todo el material cortado caiga sobre ella. Le está prohibido al muestrero devolver a la lona los trozos que hayan caído fuera de ella.

Solamente en los casos en que es imposible colocar lona, se puede emplear un cajón para recibir la muestra. El cajón estorba al muestrero para golpear con facilidad la cuña; y si el material es duro, cae mucho fuera del cajón.

También es conveniente usar cajón cuando el material es blando y deleznable, por que puede desprenderse súbitamente trozos grandes que no pertenecen a la muestra.

Si se desprenden trozos grandes que abarcan material de la muestra y fuera de ella, el muestrero no debe tocarlos;

sólo el ingeniero o su ayudante pueden partir el trozo y eliminar la parte que no pertenece a la muestra; naturalmente, previo estudio y reconocimiento del material.

12). Cuando el muestrero haya dado por terminado la cortadura de la muestra, debe esperar que el técnico encargado de la vigilancia se cerciore de ella y ordene echarla dentro del saco. Los sacos deben ser tupidos y limpios para evitar pérdidas de finos y contaminaciones.

Se coloca dentro del saco un cartón o un papel grueso con el número que corresponda a la muestra, y se coloca otro cartón o pedazo de tabla fuera de ella, amarrado al cordel que cierra el saco. El número de afuera sirve para identificar la muestra si se desea seguir un orden determinado en tratamiento posterior, y el número de adentro como seguridad si se perdiera el de afuera. Algunos ingenieros objetan colocar el número de la muestra, afuera del saco, por el riesgo que corre si existe intención de saladura. La elección del sistema queda a criterio del ingeniero que está a cargo del muestreo.

13). Si el muestreo que se hace corresponde a una operación de rutina de las minas donde está prestando servicios, no habrá interesados en alterar las muestras, entonces los sacos se envían a la muestrera sin más precaución que la de evitar que los sacos se pierdan o se rompan. Pero si se

trata del muestreo para un estudio delicado para terceras personas, donde pueden haber interesados en salar las muestras, los sacos deben ser trasladados bajo vigilancia a un cuarto ad hoc y bajo llave. La saladura puede hacerse fácilmente inyectando polvo enriquecido por medio de jeringas, o con soluciones concentradas, en el caso del oro y la plata.

14). De estas muestras debe enviarse una porción al laboratorio químico para su análisis, para lo cual se procede a la operación que se llama REALIZACION DE LA MUESTRA; también se puede necesitar más porciones para otras investigaciones.

Esta operación debe ser vigilada por una persona de toda confianza del Ingeniero Informante y al recinto donde se realiza, no debe tener acceso nadie más que los operarios encargados de la operación.

La realización puede hacerse a mano ó mecánicamente; preferible de la última manera, por la rapidez, exactitud y economía.

REALIZACION A MANO : se aplica la realización a mano, cuando el muestreo se hace en lugares apartados y sea necesario transportar la muestra a grandes distancias. Generalmente se reducen las muestras a dos kilogramos como máximo.

El material se tritura con martillo sobre una plancha de fierro o un trozo grueso del mismo metal. Si no se dispone

de planchas ni de trozos de fierro, puede emplearse lona y piedras más duras que el material que compone la muestra.

El tamaño de los trozos reducidos, guarda relación con el peso de la muestra. Los mejores resultados se obtienen triturando todo al tamaño más pequeño posible, pero queda limitado por el costo de la mano de obra y el tiempo disponible. Por eso, que en muestras grandes se tritura primero a dos centímetros, a continuación se revuelve muy bien hasta tener un producto uniforme en tamaño y clase; enseguida se forma una torta circular cuya altura no debe ser superior a la décima parte del diámetro de ella.

Por medio de dos diámetros normales entre sí, se divide la torta en cuatro partes iguales; se desechan dos opuestas y las otras dos se juntan, se trituran nuevamente, si es necesario, se revuelve bien y se repite la operación del cuarteo hasta que la muestra se haya reducido a dos kilos, y los granos tengan un tamaño de tres milímetros como **máximo**. La última molienda se efectúa en un mortero, si se dispone de él. Si se dispone de cuarteadores Jones, es preferible utilizarlos, en lugar de cuartear tortas.

La muestra así reducida a un peso máximo de dos kilogramos y a un tamaño de tres milímetros, se coloca en un saquito de género tupido, para que no se filtre el polvo. Dentro del saquito se coloca un papel grueso doblado con el número

de la muestra, y afuera se coloca también el mismo número con lápiz bien visible y grande para que no se borre en el trayecto. El traslado de los saquitos al laboratorio se hace con toda precaución para evitar adulteraciones, pues mientras más pequeñas sean las muestras, más fácil es la saladura. Si las distancias son grandes, conviene colocar los saquitos dentro de cajones, si ello es posible, y no dentro de sacos.

La realización final debe hacerse de la misma manera que la mecánica, a partir del pulverizador.

REALIZACION A MAQUINA : cuando la realización se hace mecánicamente, es recomendable moler toda la muestra a tres milímetros antes de cuartearla, por que dá mayor exactitud a la operación.

La molienda se hace en tres etapas, para lo cual existen varias máquinas. Podemos recomendar las siguientes:

En la primera etapa se emplea una chancadora de mandíbula que reduce a doce milímetros, una criba elimina el "llampo" antes de pasar a la segunda etapa.

En la segunda etapa se puede emplear un molino de rodillos que reduce a tres milímetros.

Después de esta etapa se cuarteo la muestra empleando el cuarteador Jones, hasta reducir a dos kilogramos. Antes de cuarteo debe mezclarse muy bien hasta tener un producto homogéneo.

En la tercera etapa, se pulverizan los dos kilogramos en un pulverizador de discos (máquina Braun), hasta una fineza que depende de la clase del material y de la mineralización del yacimiento; puede ser a 65 ó a 100 mallas.

El producto del pulverizador, se mezcla repetidas veces en el hule o goma, haciendo la operación que se llama roleo, y que consiste en colocar la muestra en el centro y cogiendo dos puntas opuestas se levanta una y otra, alternativamente; después se cogen las otras dos puntas y se hace la misma operación. Esto se repite varias veces hasta que la muestra tenga un color uniforme. Inseguida se cuartea sobre el mismo hule hasta dejar la cantidad que se ha de someter a un afinamiento mayor, cuando la calidad de la muestra lo necesite. El afinamiento consiste en formar la muestra con un mazo de acero duro, hasta que todo el material pase por el tamiz requerido.

La fineza de la muestra que se ha de llevar al laboratorio químico, depende del carácter del mineral y del método de ensaye que se vá a aplicar; si es por vía seca, como fundición de oro, pueden ser los granos más gruesos que si se aplica la vía húmeda y el mineral es de difícil ataque.

Cuando la muestra contiene metales nativos, como cobre, oro, etc., el afinador lo transforma en laminillas que no pasan por el tamiz, y lo que queda encima, se llama reta-

lla, la que se recoge, se pesa y se ensaya aparte. El saldo de la muestra u la que pertenece la retalla, también se pesa. La ley media de los dos, es la ley de la muestra total.

Para formar los paquetes que sirven para los **análisis**, se vuelve a rolear el producto afinado y se forma una **torta delgada** de la cual se saca con una espátula pequeñas porciones de todas partes, teniendo cuidado que la espátula raspe bién el **hule**, de manera que se tome todo el espesor de la torta.

Se forman los paquetes que sean necesarios, y **el ingeniero** conserva los que estime conveniente para control.

Los rechazos de las muestras se vuelven a guardar en los mismos sacos y con las mismas indicaciones dentro y fuera, pues pueden servir de control y para pruebas metalúrgicas.

REGISTRO DEL TERRENO

La muestra debe ser muy bién individualizada. En primer lugar, se coloca el número que corresponde con pintura visible y duradera, para lo cual se limpia la roca.

El muestreo debe servir también para el levantamiento geológico; por lo tanto, de cada muestra se recoge el mayor número de datos, que se anotan en el "REGISTRO DEL TERRENO", según el modelo de las **LAMINAS** Nos. 14 y 14a.

En el anverso se anotan todos los datos que permiten

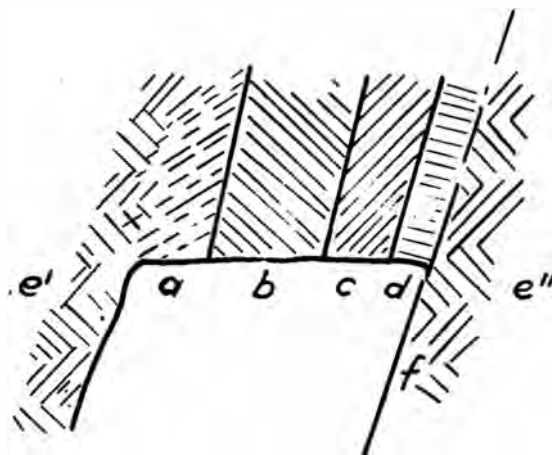
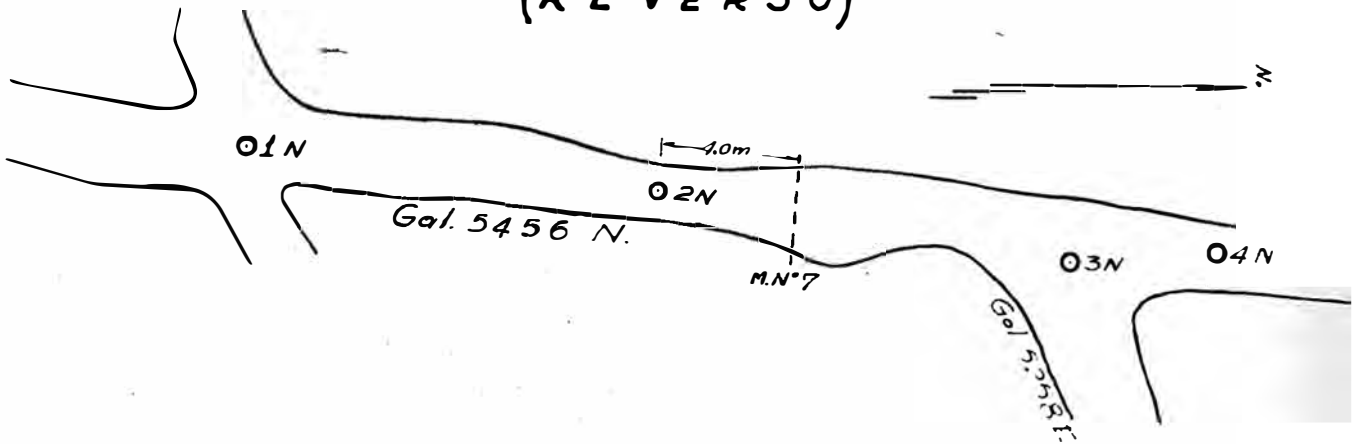
REGISTRO DEL TERRENO

(ANVERSO)

1. MINA SANTA BARBARA
2. NIVEL 4218
3. LABOR GALERIA 5456N.
4. MUESTRA N° 7
5. PUNTO DE REFERENCIA . . 4 m. NORTE 02N.
6. LARGO DE LA MUESTRA (a + b) = 0.90 m.
7. POTENCIA DEL YACIMIENTO . . (a + b + c) = 1.20 m
8. ANCHO DE LA LABOR (a + b + c + d) = 1.30 m.
9. LEYES :
 - CU 3.20 %
 - AU 0.01 onz./T.
 - Ag 9.05 onz./T.
 -
10. OBSERVACIONES
-
11. MUESTREO POR
- FECHA

REGISTRO DEL TERRENO

(REVERSO)



e': porfirita propilitizada y mineralizada, cuyo mineralización termina paulatinamente desdiciéndose de la veta.

a: 0.30 mts. de roca (e') mineralizada con chalcopirita, indicios de oxidación de Cu y cuarzo.

b: 0.60 mts. de cuarzo con abundante mineral de chalcopirita.

c: 0.30 mts. de roca (e'') muy alterada con indicios de mineralización de Cu oxidado. Muy blando; caerá durante el minado.

d: 0.10 mts. brecha de fricción originada por la falla "f"; caerá durante la explotación.

f: falla casi en corrida. Rumbo $N10^{\circ}E$; buzamiento 80° al SE.

e'': porfirita muy propilitizada y descompuesta; estéril.

LAMINA N^o 14A

individualizarla, y en el reverso, los datos geológicos y mineralógicos.

En los renglones 1, 2, 3, 4 y 5, se anotan los datos de ubicación, que se explican por sí solos.

En el renglón 6 se anota el largo de la muestra que se ha cortado, que puede ser, sobre todo ó parte de la potencia del yacimiento, y abarca la mineralización comercial. A veces la potencia total del yacimiento se fracciona en muestras parciales, en cuyo caso se enumera 7a, 7b, 7c, ... y se usa un registro para cada muestra parcial. En nuestro ejemplo se trata de una sola muestra, aunque existen tres fajas: a y b, con mineralización diferente, y se supone, por el estudio efectuado, que tienen leyes comerciales muy semejantes, y la faja c, con escasa mineralización, no se muestrea (LAMINA No. 14A).

En el renglón 7 se anota la potencia total del yacimiento: $a + b + c$.

En el renglón 8 se anota el ancho total que tendrá la labor durante el arranque y que será: $a + b + c + d$, igual a 1.30 metros, por que la faja c de 0.30 mts. que es muy blanda, y la brecha de fricción d, de 0.10 mts. formada por material arcilloso suelto, forzosamente se desprenderán durante el arranque. Estos antecedentes son de suma importancia considerarlos para la explotación, entre otras, por las dos razones

siguientes:

1). ELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION : si la falla persiste durante un trecho largo y aparece en uno, dos ó más niveles, se debe tomar en cuenta para elegir el método de explotación. En el ejemplo de la LÁMINA No. 14A, indudablemente el método recomendable es el de corte y relleno (horizontal ó inclinado), procediendo a circular por las fajas c y d, cuyo material quedará como relleno con un costo relativamente bajo y se dejará el yacimiento con una cara libre más; es decir, con tres caras libres: la del corte, la del techo y la cara de la circa, con lo cual el rendimiento del barrenado aumentará considerablemente, el consumo de explosivos disminuirá y se obtendrá el mineral más puro, puesto que se evita la contaminación con las brozas de c y d.

En nuestro ejemplo, la potencia útil $a + b$ es 0.90 m. y el material para relleno $c + d = 0.40$ mts., que con el coeficiente de aplilamiento aumenta a 0.60 mts.; faltará un hueco de 0.30 mts. para rellenar con material de otra procedencia.

2). DILUCIONES DE LA LEY : el hecho de que las fajas b y c no están separadas por una caja definida, obliga a tomar las precauciones necesarias para separar bien durante el arraque, los materiales de ambas fajas, a fin de que c no se mezcle con b, y haga bajar la ley, puesto que la muestra ha sido

tomada en un ancho de 0.90 mts., y las leyes van a considerarse en el cálculo de cubicación con esta medida.

Además del caso que estudiamos, se presentan muchos otros en la práctica; por ejemplo, en los yacimientos de mineralización por reemplazamiento metasomático en una roca difícil de mineralizar, como un granito con mucho cuarzo, la mineralización se produce con dificultad en las zonas más ácidas y resulta así un yacimiento de potencia muy variable. En ciertas partes la potencia mineralizada será inferior al ancho necesario de labor para el arranque en una longitud de unos pocos metros, mientras que en ambas direcciones la potencia mineralizada es superior a ese ancho mínimo. Seguramente, durante el arranque, donde el yacimiento está angosto, habra que arrancar parte de estéril, y por la dureza que hemos hablado, no podra producirse una separación neta entre estéril y beneficio; esto contribuye a diluir el mineral, es decir, a bajar la ley. Por otra parte, el reemplazamiento metasomático disminuye de intensidad lateralmente, y el ancho muestreado se reduce a la ley comercial; por lo tanto, quedara más allá del límite de la muestra, mineralización cuya ley está bajo la comercial.

Durante el arranque es difícil obtener una separación exacta entre estos límites y la tendencia es arrancar una anchura mayor, es decir, se arrancara mineral de baja ley, contribuyendo con ello a aumentar el tonelaje y bajar la ley.

Se pueden citar muchos casos que contribuyen a disminuir la ley; esto es lo que llamamos DILUCION, y durante el muestreo hay que anotar todos los datos que puedan contribuir a ello para los efectos de la determinación de la ley efectiva que resultará en la práctica.

En el renglón 10 se anotan las observaciones que haya lugar para completar cualquier antecedente útil para los fines que se persigue.

En el renglón 11 firmará la persona responsable del muestreo y que haya anotado los datos en el registro; finalmente se anotará la fecha del muestreo.

El reverso del registro se destina al croquis de ubicación de la muestra y al croquis geológico, en la forma que indica el ejemplo que estudiamos.

La persona que está vigilando el muestreo, que puede ser el Ingeniero Informante, debe poseer los conocimientos necesarios que le permitan hacer una descripción mineralógica lo más completa posible, y los datos que anote sean claros y exactos, pues ellos han de servir para la confección del plano geológico que ayudará a interpretar la génesis del yacimiento, y deducir sus posibilidades a profundidad, tal como lo hemos expuesto en los capítulos pertinentes.

En los casos de interés o dudosos, se guardarán muestras petrográficas para hacer el estudio completo en un labo-

ratorio de geología, por personas especializadas.

Este registro conviene que sea impreso en hojas sueltas para entregarlas diariamente en la oficina, con el objeto de adelantar cálculos y evitar extravíos en la mina. Generalmente se ensucian mucho y conviene hacerlos sacar limpio para el mejor orden; pero los originales deben guardarse cuidadosamente para poderlos consultar en caso de producirse errores o suscitarse dudas.

REGISTRO DE ORDENACION

Ya hemos dicho al comienzo de este capítulo que uno de los objetivos de los muestreos es cubicar las reservas comerciales que contiene el yacimiento en estudio. La cubicación debe efectuarse en blocks cuyo contenido pueda ser explotado racional y económicamente, lo que exige la continuidad de la mineralización.

Para formar los blocks, hay que planificar el muestreo, es decir, hay que llevarlo a los planos de la mina en sus proyecciones horizontal y vertical. Para facilitar esta operación es recomendable ayudarse de un registro intermedio que puede llamarse REGISTRO DE ORDENACION, y consiste en un croquis de muestras continuas en galerías, labores inclinadas, labores de explotación, etc., y una tabulación de las

muestras con las anotaciones mínimas, como indica el ejemplo de la L_{MIN.} No. 15.

En el croquis se colocan las muestras correlativamente, a una escala que permita leer con facilidad las anotaciones.

En el cuadro se colocan las muestras en igual forma con sus largos y leyes.

Se llama LEY COMERCIAL, la que su explotación deja utilidades; es decir, cuyo valor de venta paga los gastos de explotación, beneficio, fletes, etc., y deja un margen de utilidad para el explotador.

Se llama LEY CRITICA, a la que su precio de venta es igual al costo de producción; es decir, la que satisface las condiciones siguientes:

$$P = C$$

$$P = L \cdot Pv \cdot Rc$$

Siendo:

L : ley del mineral "in situ".

Pv: precio de venta de la unidad de la sustancia útil contenida en el mineral "in situ".

Rc: recuperación total.

Igualando ambas relaciones, se tiene:

$$C = L \cdot Pv \cdot Rc$$

Desde que L satisface la igualdad, se llama LEY CRITICA y se designa por L_c:

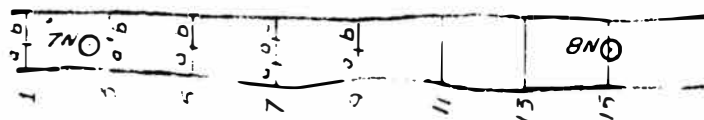
REGISTRO DE ORDENACION

MINA SANTA BARBARA NIVEL 4218

LABOR GAL. 6058 N.

MUESTRA Nº	LARGO (m.)	L E Y E S			REDUCCION A % Cu		OBSERVACIONES
		% Cu	onz Au/T	onz Ag/T			
1a	0.60	3.02	0.01	7.59	4.631		
1b	0.70	4.15	0.05	6.92	5.690	5.160	
3a	0.70	2.56	0.03	5.76	3.805		
3b	0.70	3.82	0.02	8.02	5.486	4.645	
5a	0.70	1.25	0.04	8.05	2.984		
5b	0.80	2.18	0.03	7.55	3.753	3.383	
7a	0.60	3.22	0.02	6.86	4.654		
7b	0.70	0.60	0.02	5.16	1.694		
7c	0.30	4.30	0.05	8.20	6.096	4.148	
9a	0.60	3.53	0.04	8.15	5.284		
9b	0.60	2.64	0.01	7.36	4.143	4.713	

GALERIA 6058 N.



PROYECCION HORIZONTAL

LAMINA Nº 15

$$Lc = \frac{C}{Pv \cdot Rc}$$

Con esta sencilla fórmula deben familiarizarse los ingenieros de minas, principalmente los que se hallan en la administración de empresas mineras, y, por lo tanto, vamos a hacer un ligero análisis de ella.

Según definición, la ley crítica Lc , es la ley de los minerales cuya explotación no deja utilidad ni pérdida. Por consiguiente, los minerales que tienen ley inferior a ella, no deben considerarse como reservas; o sea, no deben incluirse en la cubicación. La ley crítica es función directa del costo de producción Cp ; de manera que si Cp aumenta, la ley crítica aumenta también, lo que significa que las reservas de minerales de la mina, disminuyen; en otras palabras, el valor de la mina disminuye.

Se concluye que será buena administración, la que obtiene los costos de producción mínimos, por que le permite explotar leyes más bajas y por ende, valorizar al máximo la mina.

Por otra parte, Pv es el precio unitario de venta de la sustancia útil que contiene el mineral, y, según la fórmula anterior, Lc es función inversa de Pc ; es decir, la ley crítica disminuye cuando el precio de venta aumenta.

Por lo general, el precio de venta de los productos mineros lo fija la ley de la demanda y la oferta en el merca-

do internacional. No está al alcance del administrador de la mina el modificarlo según su conveniencia; pero en la mayoría de los casos el mineral no llega a producir la sustancia útil cuyo precio fija el mercado internacional, sino que produce minerales o concentrados con leyes altas que los vende a las fundiciones y refinerías; por ejemplo, los concentrados de cobre con leyes de 25 % de cobre, concentrados auríferos con leyes de 100 gramos de oro por tonelada, concentrados argentíferos con leyes de 3,000 gramos de plata por tonelada; o bien concentrados que contienen los tres metales, siendo el principal uno de ellos, que dá el nombre al concentrado.

Los precios de estos concentrados se rigen por una tarifa que contempla el precio de los metales, los gastos de fundición y la utilidad del intermediario y del fundidor. De manera que los precios de los metales en los concentrados son bastante inferiores al de los metales puros o refinados, y serán tanto menores cuanto menores sean las leyes de los concentrados.

Los precios de los metales contenidos en los minerales se calculan dividiendo los precios en los concentrados por la relación de concentración.

Por lo tanto, debe ser preocupación constante del administrador, obtener los productos con máxima ley compatible con sus características, mejorando los tratamientos metalúrgi

cos de su establecimiento, con lo cual obtendrá los precios más elevados, y, por consiguiente, contribuirá a bajar la ley crítica de los minerales de la mina.

Finalmente, entra en la fórmula anterior, el factor R_c , que es la recuperación resultante desde el arranque del mineral, pasando por los tratamientos metalúrgicos, hasta entregar el producto al comprador.

Mientras mayor sea la recuperación, menor será la ley crítica exigible. Por consiguiente, otra de las preocupaciones de los administradores será obtener las máximas recuperaciones en las plantas de beneficio y evitar las pérdidas de menas durante la explotación minera y el manipuleo y transporte de los concentrados.

Es frecuente que los minerales contengan dos o más metales con valor comercial, en cuyo caso se debe reducir los valores menores al mayor. Por ejemplo, un mineral que contenga cobre, plata y oro, cuyo tratamiento metalúrgico dá un concentrado de las tres leyes comerciales, y la ley principal sea la del cobre, se reducirán las leyes de plata y oro a su equivalente en cobre.

Vamos a ilustrar los cálculos con un ejemplo de un mineral de cobre, plata y oro, cuyos concentrados se venden a las tarifas consignadas en la revista americana "Engineering and Mining Journal", tomando como base un modelo provisional

de liquidación, puesto que esta varía de unas casas compradoras a otras.

Leyes del mineral que entra a la planta:

Cu ... 4 %
 Ag ... 8 onzas/TC.
 Au ... 0.02 onzas/TC.

Leyes del concentrado obtenido:

Cu ... 25 %
 Ag ... 48.3 onzas/TC.
 Au ... 0.067 onzas/TC.

Leyes de los relaves:

Cu ... 0.336 %
 Ag ... 0.5 onzas/TC.
 Au ... 0.001 onzas/TC.

Como hay que considerar las leyes y pesos que paga el comprador, debemos determinar las recuperaciones y la relación de concentración prácticas:

Recuperaciones:

Cu ... 90 %
 Ag ... 87 %
 Au ... 48 %

Relación de concentración : 6.94 %

Los precios de los metales considerados son:

Cu ... \$ 0.53875 / libra.

Ag ... \$ 1.29300 / onza.

Au ... \$ 35.74 / onza.

Y la liquidación será:

COBRE : 25 % - 1.3 %	23.7 %	
23.7% x 2000 lbs.	474 lbs.	
á (33.875 ¢ - 3.25 ¢)	.....	\$ 145.16
PLATA : 48.3onz./Tc x 95%	45,885 onz.	
á \$ 1.29300	.....	\$ 59.33
ORO : 0.067 onz./TC x 93.5%	0.063 onz.	
á \$ 35.74	.....	\$ 2.25
VALOR BRUTO	.....	\$ 206.74
DEDUCCIONES:		
U.S. \$ 31.50		
1.92 Dif. flete.		
U.S. \$ 33.42	.....	\$ 33.42
VALOR TOTAL DE UNA TONELADA DE CONCENTRADO	.....	\$ 173.32

Valor del cobre contenido en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{173.32}{6.94} \times \frac{145.16}{206.74} = \$ 17.535$$

Valor de la plata contenida en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{173.32}{6.94} \times \frac{59.33}{206.74} = \$ 7.167$$

Valor del oro contenido en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{173.32}{6.94} \times \frac{2.25}{206.74} = \$ 0.272$$

Valor de una tonelada de mineral de cabeza: \$ 24.974.

Valor del 1% de cobre contenido en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{17.535}{4} = \$ 4.384$$

Valor de una onza de plata contenida en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{7.167}{8} = \$ 0.896$$

Valor de una onza de oro contenida en una tonelada de mineral de cabeza:

$$\frac{0.272}{0.02} = \$ 13.600$$

Luego, las equivalencias serán:

$$\frac{4.384}{0.896} = 4.893$$

$$\frac{4.384}{13.600} = 0.322$$

O sea, 1 % de cobre equivale a 4.893 onzas Ag / TC.
ó 0.322 onzas Au / TC.

Calculemos las leyes críticas para el oro, plata y cobre. Supongamos que el costo total de producción de una tonelada de mineral sea \$ 10.000.

$$\text{Ley crítica del cobre : } \frac{10.000}{4.384} = 2.281 \%$$

$$\text{Ley crítica de la plata : } \frac{10.000}{0.896} = 11.161 \text{ onzas/TC.}$$

$$\text{Ley crítica del oro : } \frac{10.000}{13.600} = 0.735 \text{ onzas/TC.}$$

Una comprobación de las relaciones cobre-plata y cobre-oro, se tiene:

$$\text{Cobre-plata : } \frac{11.161}{2.281} = 4.893$$

$$\text{Cobre-oro : } \frac{0.735}{2.281} = 0.322$$

Se puede expresar también que una onza de plata equivale a una ley de 0.20 % de cobre, y una onza de oro, a 3.11 % de cobre. Esto facilita el cálculo, pues basta multiplicar las leyes de plata y oro por 0.20 y 3.11, respectivamente, y el resultado se suma a la ley de cobre, para tener todos los valores

res expresados en ley de cobre, que se anota en la columna REDUCCION A COBRE. En esta columna se tiene las leyes de las muestras parciales reducidas a cobre, y la ley media de cada muestra completa.

Los resultados anteriores nos indican que en una muestra con ley de cobre solamente, la ley crítica es 2.281 %; una muestra con ley de plata solamente, la ley crítica es 11.161 onzas/TC.; y una muestra con solo ley de oro, la ley crítica es 0.735 onzas/TC.

Analizando el REGISTRO DE ORDENACION, se observa lo siguiente: las muestras 1, 3, 5 y 9, han sido tomadas en dos fracciones cada una, y las leyes de todas ellas, son superiores a la ley crítica. La muestra 7 ha sido tomada en tres fracciones, y una de ellas acusa una ley total de 1.694 %, la que combinada con las otras dos fracciones, dá una ley media total de 4,148 % de cobre, cifra que deberá ser incluida en los cálculos, por que será difícil eliminar completamente durante el arranque, la fracción pobre.

Las reservas deben estar constituidas por blocks con ley comercial y racionalmente explotables; en la ley media entran muestras con leyes no comerciales intercaladas entre muestras con leyes comerciales; es decir, deben estar formados por muestras continuas. Solamente cuando con

curren varias muestras continuas con leyes no comerciales, se interrumpe el block, para formar a continuación otro block comercial.

Como se ha podido apreciar, existen una serie de factores que contribuyen a diluir la ley durante la explotación, y que deben ser tomados en cuenta en los cálculos de la ley media de las reservas. Se pueden aplicar los siguientes criterios:

1). Durante el muestreo se toman todos los datos influyentes, como se ha indicado en el REGISTRO DEL TERRENO, y se consideran en el REGISTRO DE ORDENACION al determinar las muestras y leyes que intervendrán en los cálculos.

2). Se considera, en los cálculos, únicamente las potencias muestreadas y sus leyes; las leyes resultantes se corrigen agregando al tonelaje cubicado, otra cantidad sin ley, manteniendo los mismos fines, con lo cual baja la ley media.

Esta operación se llama dilución, y el porcentaje que se diluye, GRADO DE DILUCION, que se fija en base a los datos redogidos y anotados en el REGISTRO DEL TERRENO.

3). Se puede aplicar una combinación de los dos criterios.

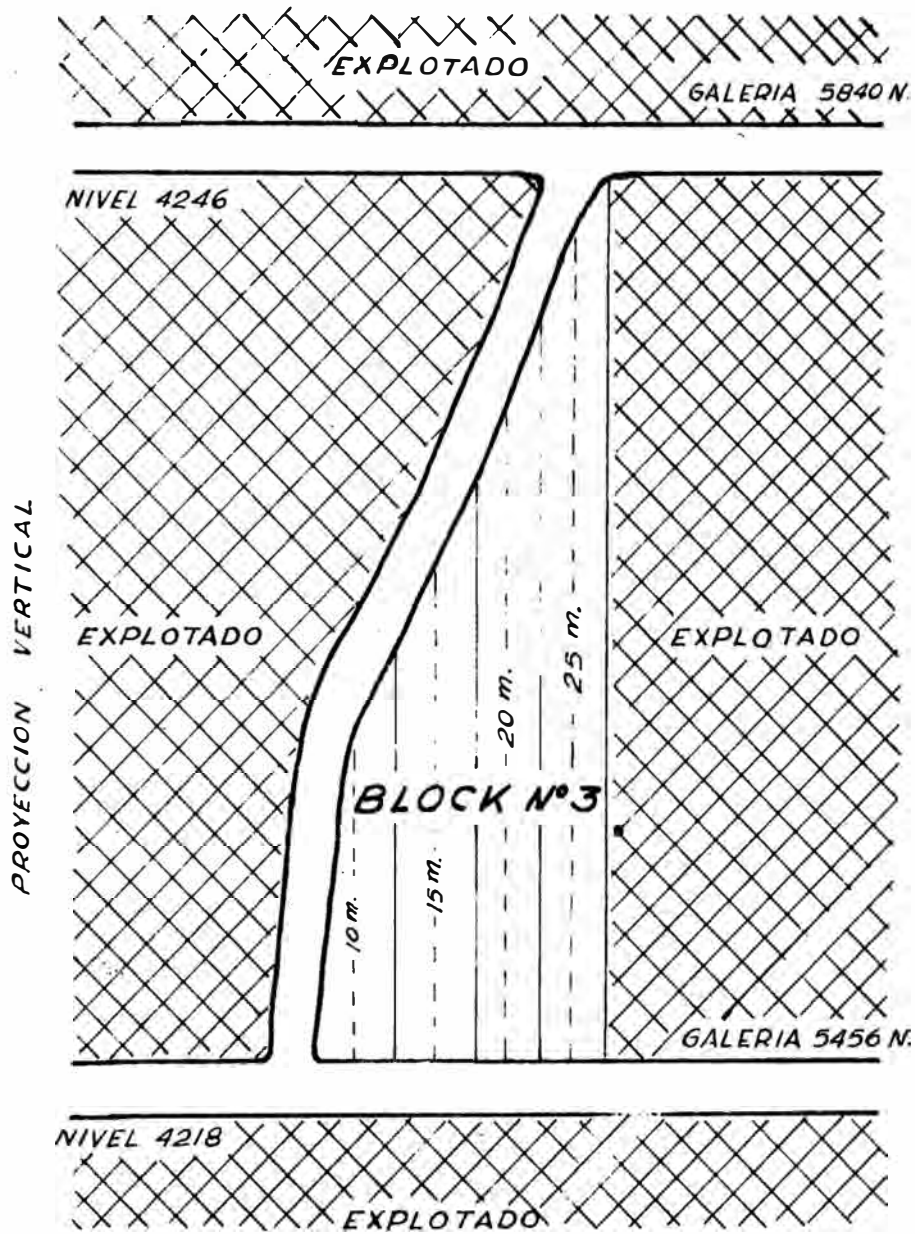
REGISTRO DE CALCULO

Una vez que se han fijado las muestras representativas de prismas continuos que van a constituir un block de mineral, se tabulan todos los datos que entran en los cálculos, tendientes a determinar el tonelaje del block, su ley media y potencia media, en un registro, según el modelo de la LAMINA No. 17.

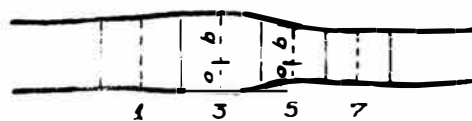
En la LAMINA No. 16 se ha representado un block de mineral entre dos galerías comunicadas por un pique inclinado. Ha sido explotado encima de la galería 5456 N, debajo de la galería 5840 N, encima del pique y a la derecha de la labor. Se han tomado cuatro muestras a las distancias y de los largos que se indican en la figura y en el registro. En hecho de haber sido explotado todo alrededor del block, nos autoriza asignar como influencia de las muestras, toda la altura de cada prisma.

En el REGISTRO DE CALCULO (LAMINA No. 17), se anotan las siguientes columnas:

- Columna 1: los números de las muestras que entran en el block.
- Columna 2: el largo de las muestras.
- Columna 3: el largo del prisma muestreado, que es igual a la suma de las mitades de las distancias desde cada muestra a la anterior y a la siguiente.



PROYECCION
HORIZONTAL



ESCALAS 1:250

LAMINA N° 16

REGISTRO DE CALCULO

MINA SANTA BARBARA

NIVEL 4218

LABOR GALERIA 5456 N. BLOCK N° 3

MUESTRA N°	ANCHO "b" (m)	DISTAN- CIA "L" (m)	ALTURA "h" (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	PESO ESPE- CIFICO	TUNELAJE	L E Y E S			F I N O S		
								% Cu	onz Au T.	onz Ag/T	Cu (Ton)	Au (lbs.)	Ag (lbs.)
1	2.0	2.5	10.0	25.0	50.00	3.2	160.0	5.10	0.03	8.75	8.1600	0.300	116.667
50	1.0	2.5	15.0	37.5	37.50	3.2	120.0	2.20	0.03	9.15	2.6400	0.300	91.500
5b	1.5	(2.5)	15.0	(37.5)	56.25	3.2	180.0	4.15	0.03	8.90	7.4700	0.450	133.500
50	0.5	2.0	20.0	40.0	20.00	3.2	64.0	1.12	0.03	7.95	0.7168	0.160	42.400
5b	1.0	(2.0)	20.0	(40.0)	40.00	3.2	64.0	6.30	0.03	8.30	4.0320	0.160	44.267
7	1.0	2.0	25.0	50.0	50.00	3.2	160.0	7.25	0.03	8.55	11.6000	0.400	114.000
		1.66		152.5	253.75	3.2	748.0	4.65	0.03	8.70	34.6168	1.870	542.334

- Columna 4: el radio de influencia de cada muestra; ó sea, la altura del prisma muestreado.
- Columna 5: se calcula la superficie de la cara del prisma formado por el largo del prisma y por la altura.
- Columna 6: se calcula el volumen del prisma, multiplicando la superficie por la tercera dimensión, que es el largo de la muestra.
- Columna 7: el peso específico de cada muestra, si existe diferencia entre ellos, y si no, un solo peso específico.
- Columna 8: el tonelaje de cada prisma, que se obtiene multiplicando el volumen por el peso específico.
- Columna 9: las leyes de la muestra.
- Columna 10: el contenido fino de las sustancias útiles de cada prisma muestreado.

Este cuadro nos dá los siguientes datos:

- 1). El tonelaje que contiene el block, que es la suma de la columna 8.
- 2). Las cantidades de metales finos que contiene el tonelaje anterior, las cuales se obtienen sumando la Columna 10.
- 3). Las leyes medias del block, las que se obtienen dividiendo los finos entre el tonelaje.
- 4). La potencia media del block, la que se obtiene dividiendo la suma de la Columna 6, entre la suma de la Columna 5; ó sea, Volumen/Área. Pero en la suma de la Columna 5, debe indicarse solamente una de las superficies de las mue

muestras que han sido fraccionadas, por lo tanto, en el cuadro que nos sirve de ejemplo, se suprimen las cifras entre paréntesis.

La fórmula para calcular la ley media, es la fórmula general que se aplica cuando los blocks son irregulares, y por lo tanto, las alturas de los prismas son diferentes, cuando no es posible ubicar las muestras a distancias iguales, y cuando los pesos específicos de las mismas, son bastante diferentes, como consecuencia de la mineralización, y existe una gran diferencia de densidad entre la mena y la ganga.

Pero cuando las alturas de los prismas son iguales, la distancia entre muestras son iguales, y cuando los pesos específicos de las muestras son prácticamente iguales, la fórmula se simplifica a la siguiente:

$$L = \frac{\sum p \cdot l}{\sum p}$$

y la potencia del block es el cociente entre la suma de los largos de las muestras, o sea, la suma de la columna 2, y el número de las muestras, considerando como una sola muestra, las fracciones de ellas. En nuestro ejemplo, la suma de la Columna 2 es 7, y el número de muestras 4; luego la potencia media será:

$$p = \frac{7}{4} = 1.75 \text{ metros.}$$

Los largos de las muestras, sus leyes y sus pesos específicos, son los factores económicos de un yacimiento, y el producto de ellos se llama FACTOR DE RIQUEZA, que caracteriza a los yacimientos.

$$Fr = p \cdot l \cdot pe$$

REGISTRO RESUMEN

Las reservas totales cúbicadas las constituye la suma de los blocks muestreados en la forma expuesta anteriormente, y para determinarlas, se emplea el REGISTRO RESUMEN, en la forma que se indica en la LAMINA no. 18.

Los resultados finales son:

- 1). Tonelaje total : 10,776.0 toneladas métricas.
- 2). Finos totales:
 - Cobre : 491.7548 toneladas métricas.
 - Oro : 26,9150 libras.
 - Plata: 7443.996 libras.

3). Leyes medias:

$$\text{Cobre : } \frac{491.7548}{10776.0} = 4.57 \%$$

$$\text{Oro ; } \frac{26.9150 \times 12}{10776.0} = 0.03 \text{ onzas /TC.}$$

REGISTRO RESUMEN

MINA SANTA BARBARA NIVEL 4219 RESUMEN DE CUBICACION

UBICACION	BLOCK Nº	TUNELAJE	POTEN- CIA	L E Y E S			F I N O S			OBSERVA- CIONES
				%Cu	onz Au/T.	onz Ag/T.	Cu (Ton)	Au. (lbs.)	Ag. (lbs.)	
GALERIA 5075N	1	3535.0	1.50	5.02	0.03	7.98	177.4570	8.0775	2350.775	
GALERIA 5286N	2	1820.0	1.73	4.35	0.03	8.10	79.1700	4.5500	1228.500	
GALERIA 5456N	3	748.0	1.66	4.63	0.03	8.70	34.6188	1.9700	542.333	
GALERIA 6015N	4	4063.0	1.75	4.30	0.03	8.55	200.5090	11.1575	3322.388	
		10776.0	1.66	4.57	0.03	8.30	491.7548	20.7550	7443.996	

$$\text{Plata : } \frac{7443.996 \times 12}{10776.0} = 8.30 \text{ onzas/TC.}$$

4). Potencia media:

$$P_m = \frac{\sum T \times p}{\sum T} = 1.66 \text{ metros.}$$

DILUCION DE LA LEY

Ya hemos dicho que, por lo general, en la práctica la ley resulta inferior a la del muestreo, debido a los factores mencionados en su oportunidad. La disminución no debe atribuirse a errores del muestreo, en cualquiera de sus etapas, pues debe suponerse que el ingeniero que ha organizado y dirigido el muestreo, debe estar seguro de su trabajo, y si existe adulteraciones involuntarias, ellas pueden influir en cualquiera de los dos signos, aumentar o bajar la ley. Si se teme de adulteraciones voluntarias, también se supone que se ha tomado las precauciones debidas para evitarlas y para descubrirlas si se han producido. Bajar la ley para ponerse a cubierto de posibles errores, significa castigar el valor de la mina, con evidente perjuicio para el propietario de ella, sobre todo si se trata de un estudio para una compra-venta.

Lo que se procede, es tomar detalladamente, durante el muestreo, todas las características del yacimiento y de

las rocas encajadoras, las que pueden tener influencia sobre la ley durante la explotación, en la forma que ya hemos indicado.

La baja de la ley solo puede producirse por que efectivamente ha disminuido la mineralización, o por que en el mineral arrancado se ha incluido partes pobres del yacimiento y de la roca encajadora, las que se han excluido del muestreo y del cálculo de las leyes medias. Esto significa que el tonelaje vá aumentar, el contenido fino se mantiene, y por lo tanto, la ley baja.

A la vista de los datos anotados en el REGISTRO DEL TERRENO, anverso y reverso, puede aplicarse uno de los criterios señalados. Al adoptar el segundo o tercero, se debe estimar el porcentaje de dilución que se producirá, es decir, el GRADO DE DILUCIÓN.

La corrección se hace agregando un porcentaje de estéril igual al grado de dilución, al tonelaje cubicado, con lo cual aumentan las reservas y disminuye la ley.

Siendo T_c el tonelaje cubicado, y r el grado de dilución expresado en tanto por uno, el tonelaje resultante T_r será:

$$T_r = T_c + T_c \times r \quad T_c (1+r)$$

y la ley final será:

$$L = \frac{F}{Tc (1+r)}$$

El grado de dilución r , expresado en tanto por uno, estará dado por la siguiente relación:

$$r = \frac{l - l'}{l'} ; \text{ ó también: } 1+r = \frac{l}{l'}$$

siendo:

F : contenido de metal fino.

l : ancho de tajeo o de minado.

l' : ancho de veta.

Reemplazando este valor en la fórmula que da la ley final, se tiene:

$$L = \frac{F}{Tc} \times \frac{l'}{l}$$

Como se verá en esta fórmula, el factor de multiplicación será l'/l .

Todo nuestro problema estará en encontrar ese factor y el ancho de minado, en función del ancho de veta.

Al diluir la ley en la forma indicada, se mantiene la cantidad de la sustancia útil que se desea explotar, pero el valor de la mina baja, por el hecho de que disminuye el valor intrínseco de la tonelada de mineral "in situ", debido a que se le asigna menor ley.

Lo anterior demuestra que el valor de una mina depen

de también de las características de la mineralización y de las características físicas del yacimiento y de las rocas en cajadoras.

En un papel milimetrado se trazan dos ejes de coordenadas; en el eje de las X, se lleva los anchos de tajeo, y en el eje de las Y, sus correspondientes anchos de veta; el número de puntos puede llegar a mil o más, según el número de muestras. La escala de los valores en ambos ejes debe ser la misma. Teniendo a la vista los puntos, se traza una línea que siga el promedio del ordenamiento de los puntos. Por analítica, en forma gráfica, para cada ancho de veta, se encuentra el ancho de minado; los dos valores se anotan, igualmente el cociente del ancho de veta entre el ancho de minado, que será el factor de corrección de las leyes.

PESO ESPECIFICO Y FACTOR DE TONELAJE

Es de gran importancia el cálculo del peso específico ó factor de tonelaje, puesto que si supervaloramos este factor, se sobre-estimarán las reservas de mineral, cuyo error y sus posibles consecuencias recaerán en los trabajos de cubicación. Vamos a señalar algunos métodos para determinar este factor:

1). Si se ha realizado trabajos de perforación diamantina, se dispondrá de los testigos ó "core"; habrán testi-

gos de roca estéril, de roca con diseminación de mineral y testigos de mineral puro. Se pulen las bases de cada testigo, se toman sus dimensiones (longitud y diámetro), y luego se pesan. Por definición de peso específico de un cuerpo:

$$\text{p.e.} = \frac{\text{peso del cuerpo}}{\text{peso de igual volumen de agua}}$$

Pero, peso de igual volumen de agua = p.e. (agua) x Volumen del testigo, y

$$\text{p.e. (agua)} = 1 \text{ gramo/cm}^3.$$

Luego:

$$\text{p.e.} = \frac{\text{peso del testigo}}{\text{volumen del testigo}}$$

Estos cálculos se hacen para gran número de ejemplares, luego se tomará el promedio para roca estéril, mineral diseminado y mineral puro.

La desventaja del método está en que el testigo, en su cara, puede perder por desgranamiento algún grano de mineral, dando un peso inferior al real; o sea, se obtendrá un p.e. menor.

2). La muestra problema se manda analizar por todos sus elementos componentes; el análisis, probablemente, señalará la presencia de varios elementos, y de un residuo que no es posible analizarlo. Ejemplo:

Cu	1.5 %
Pb	0.5 %
Fe	10.0 %
Al	20.0 %
Si	48.0 %
CQ3	15.0 %
Residuo.	15.0 %
TOTAL	<u>100.0 %</u>

En un Manual de Mineralogía se encontrarán los pesos específicos de cada uno de los elementos analizados. Al residuo se le asignará, aproximadamente, un p.e. de 2.6, que corresponde al p.e. de los silicatos.

La fórmula que nos permitirá determinar el peso específico de la muestra, será:

$$= \frac{\sum \text{p.e. mineral} \times \% \text{ mineral}}{\sum \% \text{ mineral}}$$

Este método tiene los siguientes inconvenientes:

- a). Es muy caro, por el valor de los análisis.
- b). Al residuo se le asigna un peso específico aproximado.
- c). El resultado, no siempre es correcto, no obstante su costo elevado y su demora.

3). Se usa un vaso cilíndrico de vidrio de dos litros de capacidad, y graduada en centímetros cúbicos. Se pesa la

muestra y se deposita dentro del vaso, el cual contiene inicialmente un volumen V_1 de agua; se anota el aumento de volumen V_2 . El volumen que ocupa la muestra será $(V_1 - V_2)$, y el peso específico estará dado por la siguiente relación:

$$p.e. = \frac{\text{peso muestra}}{V_2 - V_1}$$

Este método tiene la gran ventaja de su rapidez y bajo costo. El único inconveniente sería el relleno de agua en los poros de la muestra, si se trata de una muestra porosa, en la cual V_2 será menor, lo que daría un peso específico mayor al real.

4). Se usan dos vasos cilíndricos de vidrio de diámetros diferentes. Esta diferencia de diámetros no debe ser muy notable. El vaso de mayor diámetro estará graduado en centímetros cúbicos. Se llena con agua hasta una cierta altura (V_1), se pone el vaso de menor diámetro dentro del vaso con agua, y se anota el volumen V_2 . Se saca el vaso vacío y se pesa en una balanza (peso vaso vacío), luego se deposita la muestra dentro del vaso vacío, se vuelve a pesar (peso vaso con muestra), se pone este conjunto (vaso con muestra) dentro del vaso con agua, y se anota el volumen V_3 .

Peso muestra = peso vaso con muestra - peso vaso vacío.

Volumen muestra : $V_3 - V_2 = (V_3 - V_1) (V_2 - V_1)$,

$V_3 - V_1$: volumen del vaso con muestra.

V2 - V1 : volumen del vaso vacío.

Luego:

$$p.g. = \frac{\text{peso vaso con muestra - peso vaso vacío}}{V3 - V2}$$

Este método es el más exacto, puesto que la muestra no entra en contacto con el agua, no teniendo influencia, por lo tanto, su porosidad.

LAS RESERVAS MINERALES Y SU DEFINICION

El tonelaje de minerales calculado en base al muestreo, en la forma que hemos expuesto, constituye las Reservas Probadas.

Hemos dicho que las reservas pueden ser de tres clases: probadas, probables y posibles.

Existen numerosas definiciones sobre esta clasificación, y mucho se ha escrito sobre su aplicación.

Las definiciones más difundidas son las siguientes:

RESERVAS PROBADAS : las que están conocidas por cuatro costados, formando blocks, y cuyas dimensiones varían según las características de la mineralización del yacimiento.

RESERVAS PROBABLES : las que están reconocidas por dos ó más costados, formando blocks cuyas dimensiones varían según las características de la mineralización del yacimiento.

RESERVAS POSIBLES : las que están reconocidas solo por un costado, siendo sus otras dimensiones, objeto de una proyección razonable.

El Aunque estas definiciones son relativamente rígidas, fallan al especificar un factor importante, la distancia entre las labores que exponen la mena. Este factor es pertinente por que existe siempre la probabilidad de que en alguna parte dentro del block se encuentra un área estéril, y esta probabilidad aumenta al aumentar la distancia entre exposiciones. Por lo tanto, para que la mena pueda ser considerada como "probada", los trabajos en que el desmuestre se ha hecho, no deben estar apartados más de una distancia especificada; sin embargo, no puede darse ninguna regla arbitraria, por que los diferentes tipos de mena varían en su regularidad. En una masa de valores altos erráticos, el espaciamiento debe ser menor de lo que sería permisible en una gran masa uniforme. Reconociendo este hecho, Herbert C. Hoover dice: "De modo general, una regla comprobada en vetas de cuarzo aurífero bajo la influencia de alteración, es que ningún block debe estar a más de 15 metros de un punto desmustrado. En yacimientos de sustitución en caliza o andesita, ya sean de oro, cobre o plomo, el radio debe ser menor. En filones definidos de plomo y cobre, o en grandes cuerpos lenticulares, como las minas de cobre de Tennessee, el radio puede ser con frecuencia mucho mayor, digamos unos 30 me-

tros. En los depósitos auríferos de regularidad de valores, tan extraordinaria como, los Witwatersrand Banket, puede alcanzar los 50 ó 75 metros!

La regularidad de la mena determina no solo el espaciamiento máximo permisible, sino también el número de costados en que la mena debe estar expuesta para asegurarse de su presencia. Aunque la mena de naturaleza errática necesita estar desmostrada en sus cuatro costados, como expresa la definición convencional de mena positiva, un criadero uniforme, cuya estructura sea bien comprendida, puede calcularse con razonable confianza, si está expuesta solo en dos costados. H. C. Hoover, por tanto, propone categorías basadas en definiciones más flexibles que permiten el uso del juicio individual.

MENA PROBADA : mena donde no existe prácticamente riesgo de falla en su continuidad.

MENA PROBABLE : mena donde hay algún riesgo, pero con justificación razonable para suponer su continuidad.

MENA EN PERSPECTIVA : mena que no puede ser incluida en "probada" ó "probable", ni puede conocerse definitivamente o declararse en términos de tonelaje.

Otra serie de términos que dejan amplio margen al juicio personal, ha sido adoptado por la U.S. Geological Survey y el U.S. Bureau of Mines. En lugar de "probada", "probable" y "en perspectiva", estos departamentos usan

los términos "medida", "indicada" e "inferida", definidos como sigue:

MENA MEDIDA : es la mena cuyo tonelaje se calcula a partir de las dimensiones encontradas en afloramientos, calicatas, trabajos en el subsuelo y sondeos, y cuya ley se determina por los resultados de un desmuestre detallado. Los puntos para inspección, desmuestre y medidas están tan estrechamente espaciados, y el carácter geológico está tan bien definido que el tamaño, forma y contenido mineral, están bien establecidos. El tonelaje y ley computados se juzgan que son exactos dentro de los límites declarados y tal límite se juzga que no difiere del tonelaje o ley computados en más de un 20 %.

MENA INDICADA : es la mena cuyo tonelaje se calculan, por un lado, a partir de medidas específicas, muestras o datos de producción, y por otro, a partir de la proyección a distancia razonable de la evidencia geológica. Los puntos para inspección, desmuestre y mediciones, están demasiado amplia ó inapropiadamente espaciados para delimitar la mena por completo o establecer su ley con plena certeza.

MENA INFERIDA ; es la mena para la que las estimaciones cuantitativas están basadas principalmente en un ap^mlio conocimiento del carácter geológico del criadero mineral, y del que hay pocas, sí algunas, muestras o mediciones. Las estimaciones se basan en la supuesta continuidad o repetición para

la que hay evidencia geológica; esta evidencia puede incluir la comparación con yacimientos de tipo similar. Pueden incluirse masas que estén por completo ocultas, si existe evidencia geológica específica de su presencia. Las estimaciones de mena inferida deben incluir una declaración de los límites especiales dentro de los que se puede encontrar la mena inferida.

Estas definiciones no concuerdan con los conceptos que hemos dejado establecido en nuestra exposición sobre el muestreo. Hemos dicho que cada muestra represente a un prisma cuyo tamaño depende de las características de la mineralización y se fija después que se conocen las leyes de las muestras que se han tomado en una o más caras de un block de mineral. Dos dimensiones del prisma corresponden a la cara libre que se muestrea, la tercera dimensión se interna en el yacimiento hacia lo desconocido, y su magnitud se denomina influencia de la muestra, que puede variar entre 5 y 15 mts.

El mineral contenido en un prisma muestreado y medido de la manera indicada, debe considerarse como mineral probado, y la suma de varios prismas continuos, formarán un tonelaje de mineral que será también probado.

Si la cara muestreada pertenece al techo de una galería, no se ha considerado si encima o debajo de ella exis-

ten otras galerías, ni tampoco si existen piques o chimeneas, solo se ha considerado las características del yacimiento, en especial su mineralización, para fijar la influencia de la muestra. Naturalmente, que mientras más caras libres existen para muestrear, con mayor exactitud se fija la influencia,

Por consiguiente, para que un mineral sea considerado como probado, es suficiente que tenga un costado accesible, que pueda ser muestreado y que existan antecedentes suficientes que autoricen atribuir a las muestras cierta influencia.

Si un block reconocido por dos o más costados, ha sido muestreado en todos ellos y la influencia de las muestras no alcanza a cubrir la totalidad del block, quedará en el centro una porción de mineral que no puede ser considerado como probado, a esta clase de mineral se denomina "mineral probable", y constituye las "Reservas Probables".

En la LAMINA No. 11 se ha achurado los minerales probables de los blocks.

Supongamos que una galería avanza en una zona virgen como labor de reconocimiento, y ha puesto en evidencia el yacimiento mineralizado; previo muestreo y demás estudios se fija la influencia que debe darse a las muestras; por lo tanto, se puede ubicar encima y debajo de la galería, dos fajas de reservas probadas. Más allá del límite de estas reservas, el yacimiento debe continuar, pero sobre su calidad solo se tie-

ne cierto grado de seguridad que depende de las características del yacimiento.

Este mineral probable constituye también "Reservas Probables". El límite hasta donde pueden llegar estas reservas, se fija también de acuerdo con el conocimiento que se tenga de las características del yacimiento y de la proximidad de otras labores mineras.

En la LAMINA No. 11 aparecen reservas probables en los pisos del socavón del Nivel 1, más abajo de las reservas probadas.

Finalmente, los conocimientos que se adquieren por los estudios geológicos y por el muestreo de las labores mineras abiertas, nos llevan a la convicción de que el yacimiento continúa más allá de los límites del cuerpo geológico cuyas dimensiones hemos estimado. Esta parte supuesta constituye las posibilidades o expectativas del yacimiento, y en ellas se cifran los proyectos para el futuro y en base a ellas se elaboran los planes de reconocimiento de la mina.

Estos minerales constituyen las "Reservas Posibles".

Puesto que la estimación de las reservas posibles, no está basada en mediciones, sino en deducciones geológicas, y, eventualmente, en algunas muestras, su expresión en cifras es muy aleatoria; no obstante, se necesita dar cifras para formarse una idea de su magnitud para fines de los planes futu-

ros.

No es posible establecer normas para expresar en cifras, las posibilidades de un yacimiento; de acuerdo con la convicción a la que hayan llevado sus estudios y comparaciones con otros yacimientos similares, se adoptan coeficientes de seguridad adecuados.

Resumiendo lo expuesto, podemos definir las reservas como sigue:

RESERVAS PROBADAS : las que tienen un costado accesible, que puede ser muestreado y con antecedentes suficientes que autoricen atribuir a las muestras cierta influencia, que se fija, en cada caso, de acuerdo con las características geológicas del yacimiento.

RESERVAS PROBABLES : las que se encuentran a continuación de las reservas probadas, en una extensión que se fija de acuerdo con las características geológicas del yacimiento.

RESERVAS POSIBLES O EXPECTATIVAS : las que se encuentran a continuación de las reservas probables y cuya existencia se presume por amplios estudios geológicos y por muestreos de la parte conocida del yacimiento.

La separación entre dos clases vecinas, no es de ninguna manera precisa, depende del mayor o menor conocimiento que se tenga del yacimiento y de la rigurosidad con que se a-

pliquen los principios para fijar la influencia de las muestras.

Los trabajos de desarrollo de un yacimiento, tienen por objeto preparar las reservas probadas para su explotación, transformar las reservas probables a probadas, y transformar las reservas posibles a probables y después en probadas.

No siempre las reservas probadas se encuentran en mejores condiciones para su preparación, que las probables. Por ejemplo, el mineral probable que se encuentra sobre el probado, encima de la galería, es más fácil prepararlo por medio de chimeneas, etc., que los minerales probados que se encuentran en los pisos de la misma galería, cuando la galería inferior se encuentra muy atrazada en su avance.

De manera que de dos minas que cuentan con la misma suma de reservas probadas y probables, no siempre se encuentre en mejores condiciones para la explotación inmediata, la que tiene mayor cantidad de reservas probadas. Depende, principalmente, de la facilidad con que pueda practicárselas para la explotación.

Es buena práctica dejar establecido, en el informe, la cantidad de reservas que se encuentran preparadas y las que no están preparadas. Además, estas últimas deben clasificarse en dos categorías: las que se encuentran en condiciones de preparar a corto plazo, y aquellas cuya preparación

necesita largo plazo.

Por otra parte, las reservas posibles ó expectativas, pueden dividirse en dos categorías, según el grado de seguridad que haya sobre su existencia. La primera comprende los minerales que se encuentran rodeando las reservas probadas y probables, y por lo tanto, su existencia se acerca a la probabilidad; la segunda comprende los minerales que pueden existir a continuación de la categoría anterior, que se extiende hasta los límites del yacimiento o de la propiedad minera, y cuya existencia se presume por deducciones geológicas.

Conviene dejar constancia, en el informe, de estas operaciones, y de las razones en que se basan.

En los cálculos numéricos de la valorización de una mina, es frecuente tomar solo **encuenta**, las reservas probadas y probables, pero, las reservas posibles no pueden ser desestimadas, sobre todo cuando el yacimiento está poco desarrollado, y las expectativas pueden ser superiores al valor de las reservas probadas y probables, que se determina según el grado de desarrollo del yacimiento.

El estudio de un yacimiento conocido sólo por sus afloramientos, y por uno que otro cateo superficial, solamente nos puede llevar a la conclusión que puede contener minerales de valor **comercial** y que se justifica la inversión de dinero en reconocimientos, para comprobar la veracidad de las

deducciones a que se ha llegado con los estudios geológicos y muestreos que se haya podido hacer. Estas posibilidades tienen un valor difícil de precisar, ni aproximadamente.

Si el estudio es para una transacción comercial, generalmente el vendedor fija precio. Si el precio está muy por encima del valor que el Ingeniero Informante asigna a las posibilidades del yacimiento, se rechaza la negociación; pero si se conviene en un precio que se encuentra dentro de las posibilidades, se procede a suscribir un referendun; es decir, un compromiso de compra-venta que se debe hacer efectivo o rechazar dentro de un plazo fijado, y dentro de ese plazo, el comprador debe ejecutar estudios y reconocimientos tendientes a comprobar la bondad del yacimiento que justifique el precio que se ha de pagar.

Si el yacimiento está desarrollado y en plena explotación, se conoce perfectamente su calidad, la que se puede extrapolar a las reservas posibles. queda como incógnita la cantidad, que se estima de la manera que hemos indicado, que para mayor seguridad se multiplica por un coeficiente menor que uno, el que se fija de acuerdo con el mayor o menor conocimiento que se tenga del yacimiento. Al tonelaje así resultante, se aplica un precio unitario que se fija en base al de las reservas probables, disminuido con un factor de seguridad adecuado.

INVESTIGACIONES PREVIAS AL MUESTREO

Si el yacimiento que se vá a muestrear no ha sido muestreado anteriormente, o solo se han tomado algunas muestras aisladas, debe programarse un muestreo sistemático de acuerdo con las normas generales y con los estudios geológicos que se hayan efectuado. Principalmente, se tendrá presente las diferencias de la mineralización en sentido vertical. Pero si el yacimiento ha sido muestreado y existen algunos planos, registros de muestreo y estadísticas de leyes de producción, el Ingeniero Informante deberá estudiar esta documentación, por que ella le proporcionará antecedentes valiosísimos que se servirán para el nuevo muestreo.

Las observaciones mínimas que se hacen son las siguientes:

1). Variación de las leyes o regularidad de la mineralización en las tres direcciones: corrida, profundidad y potencia. Esto permitirá fijar la distancia entre muestras, su longitud, radio de influencia y la cantidad de muestras cortadas.

2). Diferenciaciones de la mineralización: se distinguen diferenciaciones primarias y secundarias.

3). Comparación de las leyes resultantes del muestreo con las leyes efectivas de la explotación que se emplea y per-

mitirá fijar el grado de dilución que se aplicará, y recomen-
dar el método de explotación en concordancia con las caracte-
rísticas del yacimiento y de las rocas encajadoras.

Conviene dejar constancia en el informe, del método
de muestreo empleado y del criterio adoptado para elegirlo.

BIBLIOGRAFIA

- COMPTON, Robert R.: "Manual of Field Geology", John Wiley & sons, inc. New York, 1962.
- HOOVER, Herbert C.: "Principles of Mining", McGraw-Hill Book Co. Inc. U.S.A., 1909.
- LAHEE, Frederic H.: "Geología Práctica", Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1961.
- McKINSTRY, Hugh Exton : "Geología de Minas", Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1961.
- PARKS, Roland D. : "Examination and Valuation of Mineral Property", U.S.A., 1957 $\frac{1}{2}$.