

MODULOS DE CAPACITACIÓN TECNICO AMBIENTAL

SACC Ingenieros SRL
Mollehuaca, Ica, Lima 2004

GEOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE YACIMIENTO MINERALES AURÍFEROS

Capítulo I

GEOLOGÍA DE YACIMIENTOS MINERALES AURÍFEROS

¿Qué es un yacimiento mineral?

Yacimiento mineral es un sector de la corteza, en el cual, y como resultado de diferentes procesos geológicos, se ha producido la concentración de una o varias sustancias útiles, que según su cantidad, calidad y elementos de ocurrencia; su explotación es económicamente rentable.

Los yacimientos minerales auríferos, son cuerpos geológicos mineralizados, de los cuales podemos extraer en forma rentable el oro, el mismo que se encuentra, por lo general, como un metal nativo, formando aleaciones con el cobre, la plata, el osmio, el indio y otros elementos, en diferentes proporciones.

También el oro se encuentra asociado a otros minerales como el cuarzo, sulfures (pinta, calcopirita, arsenopirita, galena, esfalerita, etc.), calcita, baritina y otros.

CLARKE DEL ORO = 0,000001 %

MINERALES DE ORO

- Nativo Au
- Electrum /Au, Ag) Ag hasta 50%
- Calaverita AuTe Au hasta 40%
- Silvanito AuAgTe Au hasta 24%

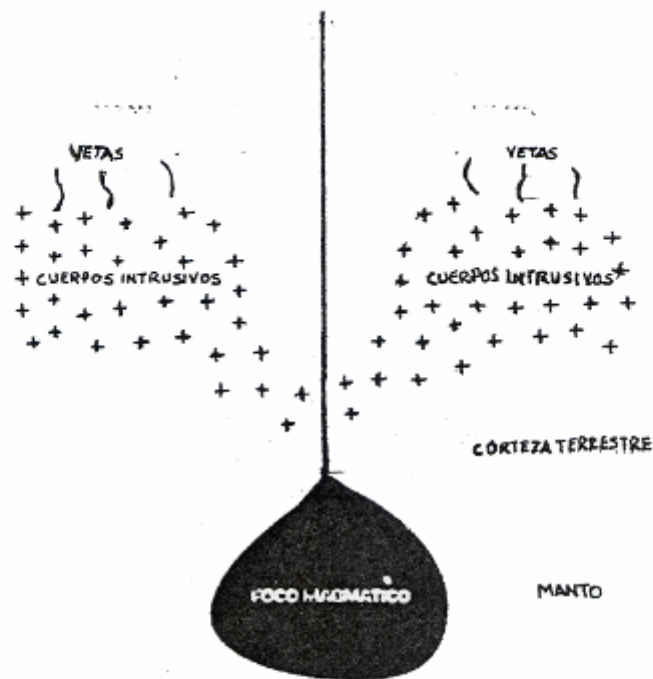
MEZCLAS

Ag, Os, Ir, Cu, Pt, Hg

PROPIEDADES FÍSICAS

DUREZA : 2,5
DENSIDAD : 19,3
COLOR : Amarillo con tonalidades
EMPLEO : Joyería, instrumentos, ordenadores, prótesis dentales, valuta.
MALEABLE, DUCTIL, EXCELENTE, CONDUCTOR DE LA ELECTRICIDAD.

PROCEDENCIA DEL ORO



¿ De dónde proviene el oro que se encuentra en los yacimientos ?

Tanto el oro como los demás elementos y minerales que lo acompañan, provienen de las rocas que conforman la corteza terrestre exterior o de las masas fundidas denominadas magma, que provienen de las profundidades de la corteza terrestre, que se enfriaron y formaron las rocas ígneas. Estas masas magmáticas traen consigo el oro y demás elementos , que en condiciones óptimas y favorables se depositaron en las inmediaciones de la corteza terrestre, formando así cuerpos mineralizados de diferentes formas y dimensiones.

El origen de los yacimientos auríferos es variado, pero los principales son de origen hidrotermal, residual y de placeres. Dentro de ellos, los mas. difundidos son los de origen hidrotermal, los mismos que de acuerdo a la temperatura de sus formación pueden ser :

YACIMIENTOS HIDROTERMALES DE ALTAS TEMPERATURAS.

Se encuentran vinculados principalmente con rocas muy antiguas (graníticas y metamórficas precámbricas y paleozoicas). Los cuerpos minerales mas comunes son las vetas o filones de cuarzo aurífero, menos frecuente se encuentran en zonas de cuarcificación o piritización de los esquistos, en forma de cuerpos irregulares o vetas.

YACIMIENTOS HIDROTERMALES DE TEMPERATURAS INTERMEDIAS.

En estos yacimientos, los cuerpos minerales son generalmente vetas bien definidas, en donde el oro se encuentra en forma nativa o dentro de los sulfures. Los minerales conformantes de las vetas, son : cuarzo, carbonates, baritina, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, menas grises. Los yacimientos de esta temperatura son los mas importantes, ya que tiene el mayor valor industrial.

YACIMIENTOS HIDROTERMALES DE BAJAS TEMPERATURAS.

Estos tienen una relación estrecha con la actividad volcánica alpina, y se presentan en forma de vetas (y stockwork de minas aurífero-argentíferas.) formadas a poca profundidad dentro de rocas volcánicas. La mineralización de estos yacimientos no es uniforme, encontrándose bolsionadas ricas y sectores totalmente empobrecidos. Su contenido mineralógico por lo general es de calcedonia, cuarzo, rodocrosita, baritina, sulfures, minerales de plomo, oro nativo esencialmente platoso.

Los yacimientos residuales de oro son aquellos que se han producido en la zona de meteorización de yacimientos hidrotermales de sulfures. A estas zonas se les denomina "sombrero de hierro", en donde el oro, por ser un metal químicamente estable e inactivo, se acumula conjuntamente con los óxidos de hierro, carbonates de plomo, minerales secundarios de plata y otros, principalmente óxidos estables.

Los yacimientos de placeres pueden ser eluviales, aluviales y marinos, de los cuales los principales y mas difundidos son los placeres aluviales. Estos yacimientos se forman debido a la destrucción de yacimientos de oro. Mediante procesos de meteorización. Luego las partículas mas grandes de oro se depositan en depósitos aluviales cercanos al yacimiento , en cambio las partículas mas finas son acarreadas aguas abajo y depositadas conjuntamente con las arenas formando depósitos aluviales de arenas auríferas.

¿ Qué forma tienen los yacimientos auríferos ?

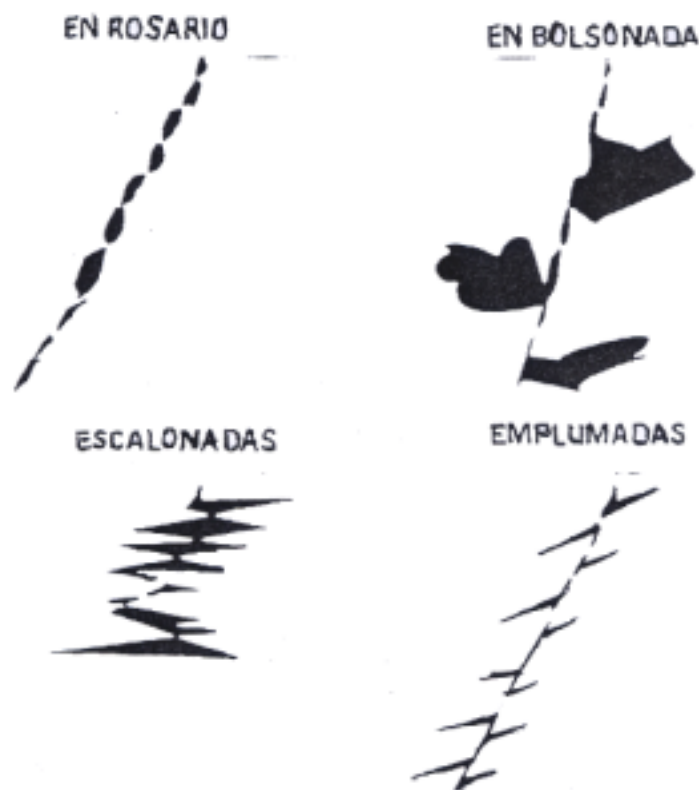
Como hemos venido desarrollando los diferentes tipos de yacimientos y su origen, podemos decir que las formas en que se presentan los cuerpos minerales de oro, son las vetas o filones, los stockwork y los placeres.

Las vetas son cuerpos de forma tabular en donde dos de sus dimensiones son lo suficientemente grandes, a lo largo del rumbo y el buzamiento ; en cambio una tercera es muy pequeña con relación a las otras dos, denominada potencia.

Los contactos de las vetas con las rocas encajonantes son por lo general bien definidos, aunque se pueden encontrar contactos de cambio gradual. Las dimensiones son variadas, desde unos cuantos metros hasta unos Kilómetros de longitud ; y desde pocos centímetros hasta algunos metros de potencia. El oro en las vetas se encuentra asociado como ya hemos dicho, principalmente al cuarzo y los sulfures. El contenido o ley de oro en las vetas es muy variado. Tal es así que dentro de una misma veta podemos encontrar zonas ricas y pobres. Las zonas ricas o bolsónadas, como las conocemos, pueden adquirir forma de clavos verticales, horizontales o inclinados, así como adquirir forma de lentes y formas irregulares. Las rocas encajonantes que delimitan las vetas por lo general se encuentran alteradas por las soluciones hidrotermales y algunas veces se producen concentraciones importantes dentro de ellas, cuya ley se encuentran por encima del cut off o ley marginal.

Las rocas que generalmente encajonan las vetas auríferas son granodioritas, granitos, esquistos, y rocas sedimentarias.

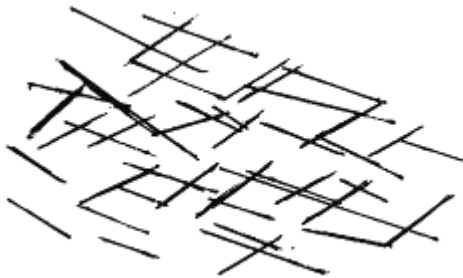
VETAS



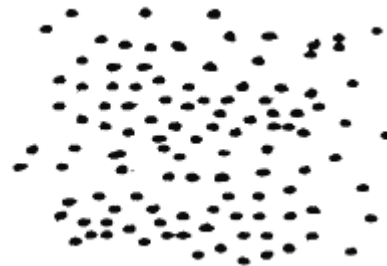
Los Stockworks son cuerpos minerales de forma Asimétrica o irregulares, en donde el oro se encuentra en numerosas vetillas entrecruzadas o en forma diseminada, por lo general son cuerpos de dimensiones considerables que están vinculados principalmente a la actividad volcánica. Aquí el oro se encuentra distribuido muy irregularmente formando dentro del mismo cuerpo bolsonadas y zonas estériles.

STOCKWORK

Vetillas Entrelazadas



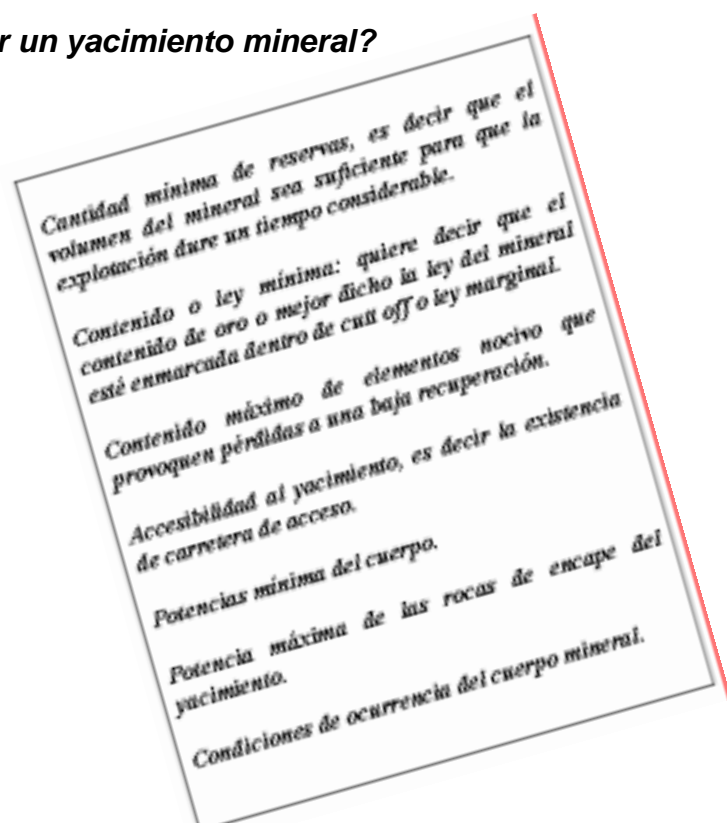
Vetillas Diseminadas



Los placeres de oro son acumulaciones de arena que por lo general tienen forma de aureolas alargadas que se forman en el cauce de los ríos o en las terrazas aledañas al cauce también se forman en las playas marinas. Aquí el oro se encuentra en forma diseminada en las arenas, generalmente en las fracciones de minerales pesados.

¿Qué condiciones debe cumplir un yacimiento mineral?

Un yacimiento es una concentración anómala de una o más sustancias útiles, cuya explotación debe ser rentable. Para que cumpla con las condiciones de ser rentable, debe cumplir con ciertas exigencias, a las cuales se les denomina “condiciones industriales”. Dentro de ellas podemos enumerar las siguientes:



EXPLORACIÓN Y PROSPECCIÓN

Capítulo II

EXPLORACIÓN Y PROSPECCIÓN

¿ Qué indicios debemos tener en cuenta para buscar y encontrar un yacimiento ?

Los indicios son todos aquellos rastros, huellas o señales que nos indican sobre la existencia de yacimientos minerales auríferos, dentro de ellos podemos nombrar los siguientes:

ZONAS DE ROCAS ALTERADAS:

Son alteraciones que se han producido en las rocas encajonantes del cuerpo mineral. En estas rocas alteradas se presentan minerales típicos que pueden conllevar al descubrimiento de una veta o un cuerpo mineralizado de oro , así tenemos el cuarzo, la moscovita, clorita, cencha, caolín y otros. Ya que la alteración de las rocas encajonantes se producen durante la formación hidrotermal, estas son zonas íntimamente ligadas a los cuerpos minerales, las mismas que recubren el cuerpo mineral como una funda ; elevando de esta manera la posibilidad de descubrir el yacimiento.

FRACCIONES PESADAS :

Al producirse la destrucción de las rocas, los minerales pesados y químicamente estables, son arrastrados por las corrientes de agua, las mismas que en algún lugar que se presentan condiciones favorables estas partículas se depositan, constituyendo un importante indicio para la exploración, principalmente del oro. La presencia en la fracción pesada de minerales metalíferos poco estables, es indicio de la cercanía del yacimiento.

AUREOLAS DE DIFUSIÓN:

Con frecuencia no existe una división precisa entre el cuerpo mineral y las rocas encajonantes, ya que estas últimas contienen en su seno partículas muy pequeñas en forma diseminada, las mismas que permiten un contenido superior al contenido de fondo. A estas áreas que presentan tal elevación del contenido se les denomina halos de difusión.

INDICIOS HISTÓRICO POPULARES :

Dentro de estos podemos enumerar labores y canchas antiguas (de españoles), los datos arqueológicos y los nombres de los lugares principalmente en quechua

¿ Qué trabajos debemos realizar para descubrir o destapar un yacimiento ?

Los trabajos de exploración encaminados a descubrir o destapar un yacimiento mineral se dividen en preliminares y detallados.

La exploración preliminar consiste en el estudio y trazado de mapas geológicos, así como las particularidades, tectónicas del área estudiada ; la investigación y estudio minucioso de los indicios ; y la ejecución de trabajos geofísicos y geoquímicos de exploración.

La exploración detallada tiene por finalidad la búsqueda y destape de los cuerpos minerales desde la superficie y en la profundidad. Estos trabajos se realizan con ayuda de diversas labores mineras, como zanjas o trincheras, calicatas, piques, galerías. También se utilizan pozos de sondeo o perforaciones diamantina.

Como resultado de estos trabajos, deberá darse una valoración de todas las áreas estudiadas, a partir de la cual se elegirán los sectores en los que en adelante se llevarán a cabo los trabajos de reconocimiento.

¿ Cuáles son las tareas fundamentales del reconocimiento ?

Las tareas fundamentales del reconocimiento son: El contorneado del yacimiento, la determinación de la calidad del mineral mediante el muestreo y el cálculo de reservas. No menos importante es la determinación de los factures técnico mineros y el carácter económico del sistema de explotación.

Los trabajos de reconocimiento se llevan a cabo en tres etapas : previa, detallada y de explotación.

En la **etapa previa** el yacimiento se estudia por medio de pocas labores mineras y pozos de sondeo, que permitan componer una representación del yacimiento en su conjunto. En esta etapa se revelan las zonas con mayores perspectivas para la ejecución de los trabajos de la siguiente etapa.

Durante la ejecución del **reconocimiento detallado**, con ayuda de un gran número de labores mineras y pozos de sondeo, se esclarecen con mayor precisión

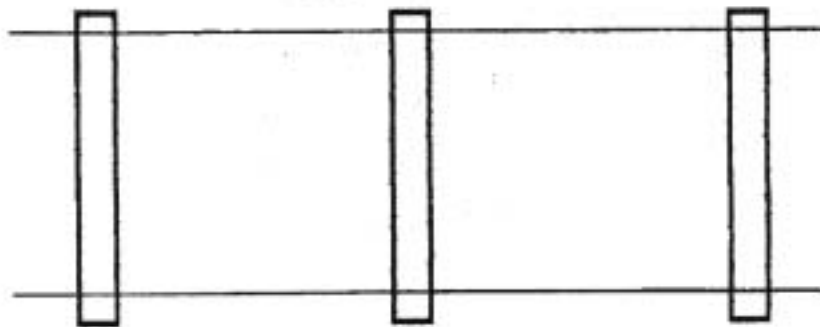
posible la estructura geológica del yacimiento, la forma de los cuerpos minerales, la calidad del mineral, la distribución de las distintas variedades de mineral, las condiciones hidrogeológicas y técnico mineras ; se realiza el cálculo de reservas. En base a los datos obtenidos en esta etapa se prepara y elabora el proyecto técnico de la empresa minera.

El reconocimiento de explotación debe precisar, durante la explotación del yacimiento, la forma de los cuerpos minerales y la distribución de las variedades de mineral ; aclarar y determinar las condiciones de sedimentación de mineral, es decir las condiciones de mineralización. Los datos obtenidos durante esta etapa permiten ampliar las reservas y prolongar la vida de la empresa.

RECONOCIMIENTO DETALLADO:

- GRAN NÚMERO DE LABORES MINERAS
- SE DETERMINA LA FORMA DEL YACIMIENTO
- DE DETERMINA LA LEY Y VARIEDADES DEL MINERAL
- CONDICIONES TÉCNICAS
- CALCULO DE RESERVAS
- ELABORACIÓN DEL PROYECTO

CONTORNEO



¿ Qué ubicación deben tener las labores mineras y pozos de sondeo en el reconocimiento ?

Las labores mineras y pozos de sondeo deben ser practicados según un orden determinado, de tal manera que se tenga una idea clara de los cuerpos minerales y su ubicación en el espacio. Todas las labores y pozos deberán estar ubicados de tal modo que permitan la confección de perfiles y cortes lo más preciso posibles. La ubicación de las labores y pozos depende también de la posición espacial de los cuerpos minerales, de su variabilidad y de lo detallado de la investigación.

- Tres son las formas de distribución de las labores y pozos de reconocimiento, más aceptadas en la práctica y son: redes, líneas y desde un punto.

- En el reconocimiento por redes las labores y pozos de sondeo están distribuidos y ubicados formando una red compuesta por líneas que se cruzan entre sí. Las redes pueden ser cuadradas, rectangulares, rómbicas, o triangulares; dependiendo de la simetría de los cuerpos. Tanto las labores o pozos son ubicados en las vértices de las figuras geométricas.

- En el reconocimiento por líneas las labores y pozos de sondeo se distribuyen a lo largo de líneas orientadas a través del cuerpo mineral cruzando la dirección del rumbo. Este tipo de reconocimiento de emplea generalmente para cuerpos minerales alargados y poco profundos.

- Las labores y pozos de sondeo que se reconoce el yacimiento pueden ser practicados en forma paralela, sucesiva o combinada. La densidad de la red se determina por la distancia entre las labores y entre las líneas.

TÁCTICAS DE MUESTREO

Capítulo III

TÉCNICAS DE MUESTREO

¿ Qué es el muestreo y cuál es su importancia ?

Una de las operaciones mas importantes, tanto en los trabajos de prospección como en los de exploración de los yacimientos minerales, es el **muestreo**. El muestreo es pues, el único método para determinar la calidad de la menas. Por intermedio del muestreo se estudian las propiedades físicas y las características técnicas de los minerales y las rocas encajonantes.

El muestreo según el objetivo de los trabajos puede ser : ordinario (químico y mineralógico), técnico, tecnológico y mercantil.

El proceso del muestreo es un conjunto de trabajos encaminados a determinar la composición (cuantitativa y cualitativa) de los componentes útiles e impurezas del mineral. Este proceso comprende:

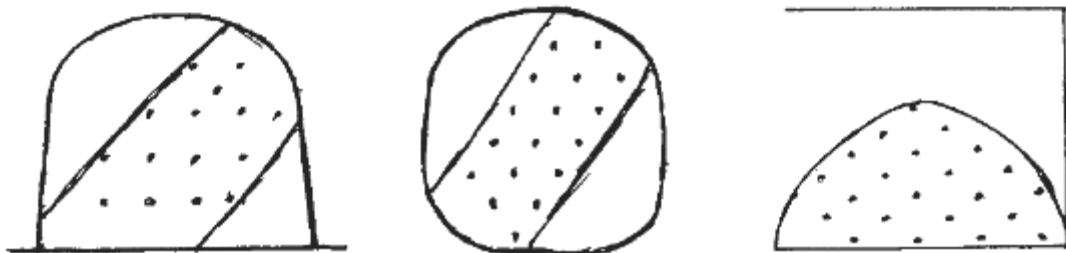
- 1) selección y recojo de las muestras,
- 2) tratamiento de las muestras,
- 3) ensaye de las muestras.

MUESTREO :

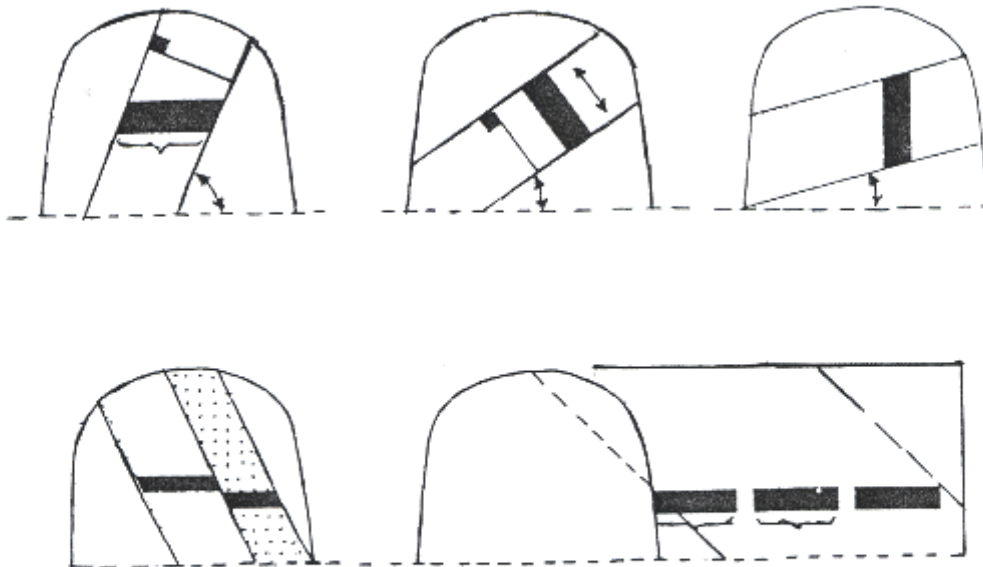
- SELECCIÓN Y REGOJO DE LAS MUESTRAS
- TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS
- ENSAYE DE LAS MUESTRAS

MÉTODOS:

POR PUNTOS



SURCOS Y CANALES



¿ Qué técnicas conocemos para la elección y la toma de muestras ?

Para la elección del método de muestreo se toma en cuenta la forma y las dimensiones del cuerpo mineral, et grado de variabilidad de la calidad de las menas, así como también los objetivos finales del muestreo y los tipos de excavaciones mineras donde se va a ejecutar el muestreo.

Los métodos para el maestreo se pueden dividir en tres grupos:

- Puntuales
- Lineales
- Volumétricos

El método por puntos se utiliza en el muestreo de depósitos que tienen distribución uniforme o irregular del componente útil. El recojo de estas muestras se realiza de la siguiente manera : en la superficie descubierta del cuerpo mineral se traza una malla y de las intersecciones (nudos) o del centro de cada cuadrado o rombo se recoge un pequeño trozo de mineral con un peso aproximado de 20 y 50 gr. El conjunto de todos los trozos recogidos viene a formar una muestra ordinaria.

En el grupo de los métodos lineales tenemos : de surco o canales y a base de barrenos.

- ESTE TIPO DE MÉTODOS SE RECOMIENDA UTILIZAR EN EL MUESTREO DE CUERPO MINERALES QUE SE CARACTERIZAN POR TENER UNA PRONUNCIADA VARIABILIDAD DE LOS COMPONENTES ÚTILES EN UNA DETERMINADA DIRECCIÓN. GENERALMENTE LA MÁXIMA VARIABILIDAD DE UN CUERPO MINERAL SE OBSERVA EN SU POTENCIA.
- LAS MUESTRAS DE SURCO O POR CANALES SON LAS QUE MAS AMPLIAMENTE SE LES UTILIZA EN LA PRÁCTICA DE LA EXPLORACIÓN Y PROSPECCIÓN GEOLÓGICA. ESTE MÉTODO CONSISTE EN EL ARRANQUE DEL MATERIAL PARA LA MUESTRA DE UN SURCO. EL SURCO ES UN CORTE O RANURA QUE GENERALMENTE TIENE UNA SECCIÓN RECTANGULAR Y UNA LONGITUD DETERMINADA. EL CUAL SE PRACTICA EN LA SUPERFICIE DEL AFLORAMIENTO DEL CUERPO MINERAL CON AYUDA DE UN MARTILLO Y UN CINCEL (MÉTODO MANUAL).
- LAS MUESTRAS DE SURCO DEBEN ORIENTARSE EN DIRECCIÓN DE LA VARIABILIDAD MÁXIMA DE LAS PROPIEDADES DE LOS MINERALES. LA CUAL MUY A MENUDO COINCIDE CON LA POTENCIA DE LOS CUERPOS MINERALES: DE ESTA MANERA LA MUESTRA RECOGIDA ADQUIERE MAYOR REPRESENTATIVIDAD DE LOS COMPONENTES ÚTILES DEL MINERAL. EN LA PRÁCTICA LA LONGITUD DE LAS MUESTRAS DE SURCO QUE GENERALMENTE SE EMPLEA ES DE 0,1 HASTA 1,5 M. MUY RARAS VECES HASTA 3-5 M. LAS MUESTRAS DE SURCO MAS LARGAS SE EMPLEA EN EL MUESTREO DE DEPÓSITOS HOMOGÉNEOS DE GRAN POTENCIA.
- EL MUESTREO A BASE DE BARRENOS CONSISTE EN RECOGER EL POLVO DE LA PERFORACIÓN, DURANTE EL PROCESO DE PERFORADO DE LOS BARRENOS QUE ESTÁN ORIENTADOS EN DIRECCIÓN DE LA VARIABILIDAD MÁXIMA DE LAS PROPIEDADES DE LOS MINERALES DEL DEPÓSITO. PARA OBTENER EL MATERIAL DE DICHAS MUESTRAS SE USAN RECEPTORES ESPECIALES QUE PERMITEN CAPTAR HASTA EL 70 – 95% DEL POLVO.

En el grupo de los métodos **volumétricos** el más importancia es el método global. Este método de muestreo consiste en tomar toda o una parte de la masa mineral que se recibe como producto del disparo de un determinado intervalo durante el avance de la excavación. Las muestras globales pueden ser: de laboratorio, semi industriales e industriales. El método global de muestreo es el más exacto, es por eso que se le puede utilizar también en calidad de muestreo de control.

¿Cómo debemos preparar las muestras para su análisis?

El tratamiento de muestra consiste en su preparación para su posterior experimentación en los laboratorios. La muestra inicial, generalmente tiene una masa muy grande, las dimensiones de algunos trozos alcanzan hasta 50 ó más mm.; pero para su análisis en el laboratorio estas medidas son demasiado grandes. Es por eso que es necesario reducir la masa de la muestra hasta 1 CC 150 gr., y reducir el tamaño de las partículas hasta 0,1 – 0.07 mm. Durante el proceso de tratamiento de la muestra los componentes útiles deben conservarse en forma directamente proporcional en cada una de sus etapas.

Es por este motivo que las principales tareas que hay que cumplir durante el tratamiento de las muestras son las siguientes:



TRATAMIENTO

- TRITURACIÓN
- CRIBADO
- MEZCLADO
- REDUCCIÓN

ENSAYE

- CONTROL INTERNO
- CONTROL EXTERNO

¿Por qué debemos controlar el laboratorio que realiza el análisis de las muestras?

Las reservas de un yacimiento es uno de los más importantes indicadores durante la determinación de su valor industrial. Su cálculo se lleva a cabo en base a los datos de los análisis químicos, por lo que es necesario de que éstos sean los más exacto posible. Es por este motivo que continuamente se realiza en control de calidad de dichos análisis, por intermedio de los controles interno y externo.

El **control interno**, se realiza para revelar los errores aleatorios en el trabajo del laboratorio en donde se llevan a cabo los análisis de las muestras ordinarias. Este control se hace mediante la repetición del análisis de las muestras, los cuales tienen numeración distinta. Se recomienda regularmente mandar a control interno 15 – 20 muestras escogiendo uno de cada uno de los tipos o clases de mineral. Es recomendable también que tanto las muestras ordinarias como las de control en una sola partida y que sea el mismo analítico.

El **control externo** es el que se realiza para encontrar el error sistemático del muestreo y del análisis de las muestras en un laboratorio de mejor categoría. Para el control externo es recomendable mandar muestras que ya han pasado por el control interno, de esta manera podremos comparar los tres resultados. En base a los datos recibidos de control externo y de la comparación con los datos del laboratorio normal, se establece si hay o no la presencia del error sistemático en el trabajo del laboratorio.