

Índice.

Tema Página

Introducción

Empresa

- Localización y vías de comunicación -----4
- Clima, vegetación y fauna -----4
- Geología. -----5
- Geología estructural -----5

Yacimientos minerales. -----6

- Oxidación y enriquecimiento supergénico -----6
- Origen del yacimiento. -----6

Minerales explotados. -----7

Antecedentes históricos -----9

Laboratorio

Actividades realizadas -----14

- Volumetría de zinc. -----14
- Volumetría de plomo -----14
- Determinación de insolubles -----18
- Determinación de sólidos disueltos, totales y en suspensión -----19
- Determinación de oro y plata por vía seca -----19
- Elaboración de hojas de seguridad -----21
- Absorción atómica -----21

Observaciones

Conclusiones.

Bibliografía

Introducción

La minería es la obtención selectiva de minerales y otros materiales (salvo materiales orgánicos de formación reciente) a partir de la corteza terrestre. La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad.

Se puede decir que la minería surgió cuando los predecesores de los seres humanos empezaron a recuperar determinados tipos de rocas para tallarlas y fabricar herramientas. Al principio, la minería implicaba simplemente la actividad, muy rudimentaria, de desenterrar el sílex u otras rocas. A medida que se vaciaban los yacimientos de la superficie, las excavaciones se hacían más profundas, hasta que empezó la minería subterránea.

Por lo general, la minería tiene como fin obtener minerales o combustibles.

Un mineral puede definirse como una sustancia de origen natural con una composición química definida y unas propiedades predecibles y constantes. Un recurso mineral es un volumen de la corteza terrestre con una concentración anormalmente elevada de un mineral o combustible determinado. Se convierte en una reserva si dicho mineral, o su contenido, se puede recuperar mediante la tecnología del momento con un costo que permita una rentabilidad razonable de la inversión en la mina.

Hay gran variedad de materiales que se pueden obtener de dichos yacimientos. Pueden clasificarse como sigue:

- **Metales:** incluyen los metales preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo platino), los metales siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo), los metales básicos (cobre, plomo, estaño y zinc), los metales ligeros (magnesio y aluminio), los metales nucleares (uranio, radio y torio) y los metales especiales, como el litio, el germanio, el galio y el arsénico.
- **Minerales industriales:** incluyen los de potasio y azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos.
- **Materiales de construcción:** incluyen la arena, la grava, los áridos, las arcillas para ladrillos, la caliza y los exquisitos para la fabricación de cemento. En este grupo también se incluyen la pizarra para techados y las piedras pulidas, como el granito, el travertino o el mármol.
- **Gemas:** incluyen los diamantes, los rubíes, los zafiros y las esmeraldas.
- **Combustibles:** incluyen el carbón, el lignito, la turba, el petróleo y el gas (aunque generalmente estos últimos no se consideran productos mineros). El uranio se incluye con frecuencia entre los combustibles.

Empresa.

La Compañía Fresnillo S.A. de C.V en Naica, Chihuahua disfruta de yacimientos enriquecidos de plomo (Pb), zinc (Zn) y menores cantidades de cobre (Cu), oro (Au) y plata (Ag), esta última en mayor proporción que el oro. Sus principales productos son el concentrado de Pb y Zn los cuales son extraídos principalmente en el proceso de flotación y los procesos subsecuentes. Son embarcados y transportados a Torreón en Met–Mex.

Localización y vías de comunicación.

El distrito minero de Naica se encuentra ubicado en el centro–sur del Estado de Chihuahua, aproximadamente a 120 km. al S–SE de la capital del Estado.

Las vías de comunicación son las líneas telegráficas y telefónicas las cuales contactan a Naica con el resto de la República.

Las vías de acceso al distrito minero son: la carretera federal número 45, hasta la población del mismo nombre (Naica) en el km. 1545. De donde parte hacia Naica una carretera de asfalto de 26 km. de longitud; además existe otra carretera de 40 km., igualmente asfaltada que comunica a Naica con Ciudad Delicias.

Aproximadamente a 10 km. de la población existe una pista de aterrizaje en buen estado. Las coordenadas geográficas de Naica son: 27°52' de latitud Norte y 105° 26' 15" de longitud Oeste.

Clima, vegetación y fauna

CLIMA.

Varía en esta zona desde el semi–húmedo templado a semidesértico templado. Las temperaturas mínimas extremas alcanzan hasta –15 °C. Las heladas comienzan a fines de septiembre hasta abril. Las nevadas pueden ser frecuentes en invierno. En época de calor pueden alcanzar hasta los 40 °C. Los vientos dominantes son del oeste, que en tiempos de lluvia suelen cambiar por el sureste.

VEGETACIÓN.

La comunidad vegetal es la pradera, escasa de arbustos y árboles entre el pastizal, más alta y abundante al pie de la sierra, llegando a sobresalir el matorral seco. Se llega a contemplar la agricultura de temporal en esta zona, así como, una importante actividad agrícola, ganadera y forestal.

FAUNA.

La fauna en esta zona es muy variada encontrándose una enorme cantidad de reptiles en la zona, así como los arácnidos. Hay una gran cantidad de liebres salvajes.

Geología

La mina se encuentra ubicada en el flanco noroeste de una estructura dómica de 12 km de largo por 7 km de ancho orientada en dirección NW–SE, la cual ha sido complicada por pequeños plegamientos secundarios, por fallamiento y por erosión. Esta estructura como Sierra de Naica, actualmente la forman tres pequeñas Sierras llamadas: Sierra de la Mina, Sierra de en Medio y Sierra del Monarca. Este conjunto de Sierras tienen un promedio de 1700 m.s.n.m., se encuentran en estado de madurez. El desagüe que se observa es de tipo paralelo el cual forma abanicos aluviales en la desembocadura de varios arroyos.

La sierra de Naica, esta constituida en su totalidad por rocas sedimentarias del Albiano, en su mayor parte rocas calizas, con excepción de dos angostas fajas de margas y lutitas calcáreas que afloran en la parte poniente de la sierra, marcando su estructura perfectamente dómica. La más antigua de estas aflora en la parte alta de los yacimientos que se localizan en el flanco oriente del domo.

Estas rocas sedimentarias descansan sobre una secuencia evaporítica denominada formación Cuchillo del Aptiano, que no ha sido detectada en el área, pero ampliamente descrita en los alrededores. Las únicas rocas ígneas en el distrito se presentan en forma de diques y sills felsíticos.

Geología Estructural

En los niveles inferiores de la mina se nota la existencia de marcadas estructuras con buzamiento de 25 – 30 ° al SW, varias de estas estructuras dan lugar a la formación de cuerpos de minera; si estas estructuras representan la estratificación, se encontraría aquí la contraparte de una doble nariz estructura, que en superficie no se aprecia.

En el área de la mina se puede observar un intensivo fracturamiento anterior de la mineralización. El fracturamiento anterior de la mineralización, corresponde a un sistema de fallas y fracturas NW, paralelas al eje mayor del domo, con inclinaciones que varían desde unos cuantos grandes hasta casi verticales, con buzamientos predominantes al SW, es este sistema en el que se reemplazan la mayoría de los cuerpos a profundidad.

Posterior a los sistemas descritos y también a la mineralización, existe en el distrito un tercer sistema de fracturamiento, formado por fallas de rumbo NW, con desplazamientos del orden de decenas de metros, este sistema de fracturamiento es importante, ya que además de estar desplazando los cuerpos del mineral, sirve como conducto principal del acuífero en que se encuentra el yacimiento, ocasionando problemas de ventilación y desagüe, debido a la temperatura del agua (54 °C) y al volumen de esta, actualmente se esta bombeando en promedio 13,000 gal/ min.

Entre las fallas mas importantes de este sistema se encuentran las siguientes: la falla Gibraltar, con buzamiento hacia el SW, con desplazamiento vertical de 50 metros; la falla Naica, buzando también al SW y con desplazamiento vertical de 200 metros y la falla Montana con buzamiento al NE, que merece atención especial por alojarse en ella, es la zona de oxidación, las famosas cuevas de Cristales de Selenita de Naica, entre las que sobresalen la Cueva de las Espadas. En esta cueva se encuentran cristales cubriendo todas las paredes de las cavernas y el tamaño de los cristales varia de unos cuantos centímetros, hasta 2 metros.

Yacimientos Minerales

Los principales cuerpos de mineral en el distrito Naica, son yacimientos de skarn, que ocurren en forma de Mantos y Chimeneas de silicatos cálcicos con sulfuros masivos de fierro, plomo, zinc y cobre con cantidades menores de oro, plata, tungsteno y molibdeno.

Oxidación y enriquecimientos supergénico.

Hasta 1951, la mayor parte de la producción en el distrito correspondió a la zona de minerales de oxidación, que alcanza por lo general el nivel 135, que parece haber sido el nivel freático antes de iniciar el bombeo. En algunos cuerpos la oxidación pasa del nivel 150.

Al igual que otros yacimientos de plomo y zinc de norte de México, la relación Pb–Zn en la zona de oxidación es muy superior a la zona de sulfuros, siendo este el resultado de una lixiviación selectiva del zinc.

Origen del yacimiento.

Todas las evidencias indican que los yacimientos minerales en Naica, son de origen hidrotermal. El sistema geométrico fue originado por la presencia de un cuerpo intrusivo que se localiza a mas de 2,000 metros de profundidad, como lo sugiere un estudio magetométrico. La interacción de este cuerpo intrusivo con las aguas connatas de la secuencia sedimentaria generó un sistema hidrotermal con salmueras de una alta capacidad de

transporte de metales.

Los cuerpos minerales se forman por salmueras ricas en sílice, alúmina, manganeso, hierro, plomo, zinc, plata, flúor y azufre, las cuales ascienden siguiendo las zonas de debilidad como lo fue en el contacto entre los diques felsíticos remplazados casi simultáneamente y la caliza encajonante, remplazando a ambos tomando parte de sus elementos constituyentes (Ca– Mg) para formar nuevos minerales.

Los datos de inclusiones fluidas y las observaciones estructurales y mineralógicas indican que las soluciones hidrotermales variaron en composición a medida que evolucione el sistema. La variación más indicativa es que la fugacidad del cloro fue disminuyendo a medida que la fugacidad del azufre aumentaba, produciendo así precipitación de los sulfuros, en ocasiones a expensas de los silicatos previamente formados.

Por su posición estructural y las relaciones geométricas, se observa que los mantos o cuerpos silicatados preceden en su formación de las chimeneas y por lo tanto, fueron formados en el máximo energético del fenómeno geotérmico.

El proceso hidrotermal tuvo lugar, según los datos isotópicos, en el Oligoceno Tardío, probablemente coincidiendo con los últimos episodios del magmatismo de la Sierra Madre Occidental, de la cual Naica no esta muy alejada.

Minerales explotados.

Algunos minerales explotados en esta empresa son:

Plomo:

De símbolo Pb (del latín plumbum, 'plomo'), es un elemento metálico, denso, de color gris azulado. Es uno de los primeros metales conocidos. Su número atómico es 82, y se encuentra en el grupo 14 del sistema periódico. Hay referencias al plomo en el Antiguo Testamento y ya lo empleaban los romanos para tuberías, aleado con estaño.

Propiedades

El plomo es un metal blando, maleable y dúctil. Si se calienta lentamente puede hacerse pasar a través de agujeros anulares o troqueles. Presenta una baja resistencia a la tracción y es un mal conductor de la electricidad. Al hacer un corte, su superficie presenta un lustre plateado brillante, que se vuelve rápidamente de color gris azulado y opaco, característico de este metal. Tiene un punto de fusión de 328 °C, un punto de ebullición de 1,740 °C y una densidad relativa de 11.34. Su masa atómica es 207.20.

El plomo reacciona con el ácido nítrico, pero a temperatura ambiente apenas le afectan los ácidos sulfúrico y clorhídrico. En presencia de aire, reacciona lentamente con el agua formando hidróxido de plomo, que es ligeramente soluble. Los compuestos solubles de plomo son venenosos. Aunque normalmente el agua contiene sales que forman una capa en las tuberías que impide la formación de hidróxido de plomo soluble, no es aconsejable emplear plomo en las tuberías de agua potable.

El plomo se presenta en la naturaleza en ocho formas isotópicas: cuatro de ellas son estables y las otras cuatro son radiactivas. Los isótopos estables plomo 206, plomo 207 y plomo 208 son, respectivamente, los productos finales de las series de descomposición radiactiva del uranio, actinio y torio. El plomo 204, también estable, no tiene precursores radiactivos naturales.

Aplicaciones

El plomo se emplea en grandes cantidades en la fabricación de baterías y en el revestimiento de cables eléctricos. También se utiliza industrialmente en las redes de tuberías, tanques y aparatos de rayos X. Debido a su elevada densidad y propiedades nucleares, se usa como blindaje protector de materiales radiactivos. Entre las numerosas aleaciones de plomo se encuentran las soldaduras, el metal tipográfico y diversos cojinetes metálicos. Una gran parte del plomo se emplea en forma de compuestos, sobre todo en pinturas y pigmentos.

Zinc

El zinc metálico es un material blanco azulado que tiene muchas aplicaciones industriales. El zinc es uno de los elementos de transición del sistema periódico; su número atómico es 30, su peso atómico es de 65.39 g/mol, su densidad de 7.14g/cc, su temperatura de fusión es de 419.5 °C y su temperatura de ebullición de 907 °C

Cristaliza en el sistema hexagonal. Es extremadamente frágil a temperaturas ordinarias, pero se vuelve maleable entre los 120 y los 150 °C, y se lamina fácilmente al pasarlo entre rodillos calientes. Ocupa el lugar 24 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. No existe libre en la naturaleza, sino que se encuentra como óxido de zinc (ZnO) en el mineral cincita y como silicato de zinc ($2\text{ZnOSiO}_2\text{H}_2\text{O}$) en la hemimorfita. También se encuentra como carbonato de zinc (ZnCO_3) en el mineral esmitsonita, como óxido mixto de hierro y zinc ($\text{Zn}(\text{FeO}_2)\text{O}_2$) en la franklinita, y como sulfuro de zinc (ZnS) en la esfalerita, o blenda de zinc. Las menas utilizadas más comúnmente como fuente de zinc son la esmitsonita y la esfalerita.

Plata.

Es un metal blanco, susceptible de adquirir gran pulimento, muy dúctil y maleable, es un excelente conductor del calor y electricidad.

No se oxida en el aire ni en frío ni en caliente.

La plata puede adquirir por ciertos procedimientos químicos o eléctricos el estado coloidal. Estas soluciones son usadas en medicina.

Oro

De símbolo Au (del latín aurum, 'oro'), es un elemento metálico, denso y blando, de aspecto amarillo brillante. El oro es uno de los elementos de transición del sistema periódico. Su número atómico es 79.

Propiedades

El oro puro es el más maleable y dúctil de todos los metales. Puede golpearse con un martillo hasta conseguir un espesor de 0.000013 cm, y una cantidad de 29 g se puede estirar hasta lograr un cable de 100 km de largo. Es uno de los metales más blandos (2.5 a 3 de dureza) y un buen conductor eléctrico y térmico. El oro es de color amarillo y tiene un brillo lustroso. Como otros metales en polvo, el oro finamente dividido presenta un color negro, y en suspensión coloidal su color varía entre el rojo rubí y el púrpura.

El oro es un metal muy inactivo. No le afecta el aire, el calor, la humedad ni la mayoría de los disolventes. Sólo es soluble en agua de cloro, agua regia o una mezcla de agua y cianuro de potasio. Los cloruros y cianuros son compuestos importantes del oro. Tiene un punto de fusión de 1,064 °C, un punto de ebullición de 2,970 °C y una densidad relativa de 19.3. Su masa atómica es 196.967.

Aplicaciones

El oro se conoce y aprecia desde tiempos remotos, no solamente por su belleza y resistencia a la corrosión,

sino también por ser más fácil de trabajar que otros metales y más fácil de obtener. Debido a su relativa rareza, comenzó a usarse como moneda de cambio y como referencia en las transacciones monetarias internacionales (Patrón oro). La unidad para medir la masa del oro es la onza troy, que equivale a 31.1 gramos.

La mayor parte del oro producido se emplea en la acuñación de monedas y en joyería. Para estos fines se usa aleado con otros metales que le aportan dureza. El contenido de oro en una aleación se expresa en quilates. El oro destinado a la acuñación de monedas se compone de 90 partes de oro y 10 de plata. El oro verde usado en joyería contiene cobre y plata. El oro blanco contiene zinc y níquel o platino.

El oro también se utiliza en forma de láminas para dorar y rotular. El púrpura de Cassius, un precipitado de oro finamente dividido e hidróxido de estaño (IV), formado a partir de la interacción de cloruro de oro (III) y cloruro de estaño (II), se emplea para el coloreado de cristales de rubí. El ácido cloráurico se usa en fotografía para colorear imágenes plateadas. El cianuro de oro y potasio se utiliza para el dorado electrolítico. El oro también tiene aplicaciones en odontología. Los radioisótopos del oro se emplean en investigación biológica y en el tratamiento del cáncer.

El Hierro

Por su dureza y maleabilidad, es ampliamente usado para construir diversas maquinarias que aumentan la eficacia del trabajo del hombre. Además, de la mezcla del hierro y carbono se forma el acero, que perfecciona las cualidades del hierro puro.

En la III Región de nuestro país existen grandes yacimientos de hierro tales como El Carmen cerca de Chañaral y Algarrobo en Vallenar.

El Cobre

Es utilizado principalmente como conductor eléctrico.

Otros metales empleados por las industrias modernas son: el aluminio, el plomo, el zinc y el estaño.

Los Metales Preciosos

Como el oro, la plata y el platino, tienen diferentes aplicaciones en la industria y en la medicina. Se utilizan también en la confección de joyas.

Antecedentes históricos

Según Stone (1959), Aldama R.F., en su Geografía del Estado de Chihuahua, asienta que la primera concesión minera en el distrito se otorgó en el año 1794. Lambert (1892), describe que los yacimientos fueron descubiertos por gambusinos que los trabajaron en muy pequeña escala, entre los años de 1828 y 1830. La compañía minera de Naica, S.A., inició la explotación formal a fines del siglo pasado. Por el año de 1911, los trabajos se suspendieron y no fue sino hasta 1924, cuando la Compañía Minera Peñoles, S.A. reinició la explotación, trabajando hasta 1928, desde esta fecha la Compañía The Naica Mines of México, explotó los yacimientos hasta 1951, cuando traspasó sus propiedades a The Fresnillo Compañía, S.A., siendo esta última la que hasta ahora disfruta los yacimientos bajo la razón social de Compañía Fresnillo, S.A. de C.V.

Laboratorio.

A continuación se muestra el plano del laboratorio (planta baja y planta alta)

El laboratorio de ensayos está dividido en tres partes (sin incluir el área de muestreo ni metalurgia) como se muestra:

En esta área se analizan las muestras, ya sea que provengan de la mina, concentrados, cabezas, colas, entre otros.

Los proveedores, por así decirlo, son:

- Geología o Exploración.
- Planta concentradora.
- Embarques.
- Control ambiental.

Antes que nada, definiremos algunas de las palabras anteriores:

- Cabezas. Es el mineral sin proceso de concentración, solamente triturado.
- Concentrado. Es el mineral que ha sido expuesto a un agente concentrador, en este caso flotación selectiva.
- Colas. Es el mineral que sobra al finalizar el proceso de concentración, este material es generalmente considerado como desecho.

Antes de analizar las muestras, se deben preparar primero en el departamento de muestreo de la siguiente forma:

- Muestras de geología:
 - Triturar la muestra.
 - Pulverizar la muestra.
 - Proceder al ensayo analítico cuantitativo.
 - Pulpa proveniente de la planta concentradora.
 - ◆ Filtrar la muestra.
 - ◆ Secar la muestra.
 - ◆ Homogeneizar la muestra.
 - ◆ Efectuar el análisis cuantitativo.
 - ◆ Concentrado proveniente de embarques.
 - ◇ Secar la muestra.
 - ◇ Pulverizar la muestra.
 - ◇ Realizar el ensayo.
 - ◇ Muestras de agua provenientes de control ambiental.
 - Analizar calidad del agua.
 - Analizar sólidos suspendidos.
 - Analizar sólidos sedimentables.

Para analizar las muestras, el laboratorio se divide en tres partes que son:

- Vía húmeda (volumetrías)
- Vía seca
- Espectrofotometría

Vía húmeda (volumetrías).

Es en donde se analizan los elementos requeridos por medio de diluciones acuosas y reacciones con sustancias químicas (principalmente plomo y zinc).

Estos procedimientos se explicarán más adelante.

En esta área se usan varios ácidos y sustancias riesgosas, por lo que se debe trabajar con mucho cuidado para no sufrir un accidente.

Vía seca.

En esta área se analizan solamente oro y plata usando altas temperaturas (magnitudes de 900°C), debido a la propiedad que tienen estos dos elementos (oro y plata) de no oxidarse tan fácilmente con el calor como otros elementos (como el caso del plomo). El procedimiento completo se explicará más adelante.

Espectrofotometría (absorción atómica).

En esta área se analizan varios elementos: oro, plata, plomo, zinc, hierro, bismuto, cobre, fierro marmatítico, óxido de Pb y Zn que se encuentren en proporciones muy pequeñas como para ser determinadas por medio de volumetrías. Aunque también es posible analizar muestras con concentraciones altas de un elemento, no se efectúa en esta área, pues existe aparentemente un factor de error muy grande en el caso de muestras con concentraciones muy altas de algún elemento.

Una vez obtenidos todos los datos de las tres áreas, estos son alimentados a una computadora en donde se concentran todos los resultados obtenidos.

A continuación se muestran las hojas en que se introducen los datos:

Actividades realizadas.

Volumetría de zinc (determinación de zinc).

- Se reciben las muestras.
- Se pesan aproximadamente 0.25 g de muestra en un vaso de 400 ml y anotamos el peso en el cuadernillo apropiado.
- Agregar 10 ml de HCl químicamente puro y tapar el vaso, calentarlo de 5 a 10 minutos en la parrilla eléctrica.
- Después se retira el vaso de la parrilla y se agregan 10 ml de HNO_3 concentrado y se deja hirviendo hasta que desaparezcan humos nitrosos.
- Añadir de 10 a 20 gotas de H_2O_2 y de 5 a 8 g de NH_4Cl , se enfría la tapa y las paredes del vaso con agua destilada hasta un volumen de 50 ml.
- Se precipita el fierro con NH_4OH de 3 a 5 ml de exceso.
- Llevar a hervir de 5 a 10 minutos filtrando en papel filtro Whatman #4, recibir el filtrado en vaso de precipitado de 600 ml, lavándolo tres veces con agua caliente.
- Agregar al vaso de ataque de 2 a 4 g de NH_4Cl , devolver el precipitado al vaso de ataque para re-disolver el fierro y liberar el Zn ocluido, con adición de HCl concentrado.
- Precipitar otra vez el fierro, añadiendo de nuevo NH_4OH con 3 a 5 ml de exceso.
- Filtrar con agua caliente en el mismo filtro usado anteriormente y recibir en el mismo vaso de precipitado.

- Añadir al filtrado de 6 a 8 gotas de azul de bromotimol.
- Neutralizar con HCl 1:1 para cambiar el color de azul a amarillo.
- Añadir de 3 a 5 gotas de xilenol orange, si se torna color violeta, agregar una gota de HCl para reafirmar el color amarillo.
- Se agregan 30 ml de la solución buffer y la muestra cambia a color violeta.
- Añadir agua en caso de ser necesario hasta completar 300 ml.
- Titular con EDTA, el cambio se da con coloración amarilla (cambio de violeta a amarillo), anotar los mililitros gastados y se calcula el porcentaje de zinc teniendo en cuenta el del cadmio en la muestra.

Volúmetría de plomo (determinación de plomo).

- Obtener la muestra.
- Pesar aproximadamente 0.25 g de muestra en un vaso de precipitado de 400 ml y se le agregan 10 ml de HNO₃ químicamente puro y es importante tapar el vaso por los gases nítricos desprendidos.
- Colocar en la parrilla a temperatura media y hervir de 5 a 10 minutos,
- Retirar el vaso de la parrilla con las pinzas, agregar 10 ml de HCl químicamente puro y se volver a poner a hervir hasta que desaparezcan los humos.
- Enfriar y agregar 20 ml de H₂SO₄ 1:1 llevándolo a temperatura alta hasta humos de SO₃ aclarando la solución con unas gotas de HNO₃.
- Continuar calentando hasta humos de SO₃ aclarando la solución con unas gotas de HNO₃.
- Continuar calentando hasta obtener reflujo de una gota a dos gotas de H₂SO₄ y enfriar.
- Añadir 100 ml de agua desmineralizada lavando tapa y paredes del vaso.
- Añadir de 15 a 20 gotas de agua oxigenada dejando hervir durante 5 o 10 minutos a temperatura media.
- Filtrar a través de un filtro Whatman #2 y lavar el filtro seis veces con agua desmineralizada.
- En el vaso donde se atacó la muestra, se agregan 30 ml de solución buffer para plomo y agua desmineralizada hasta 275 ml de volumen.
- Pasar el papel filtro con el precipitado al vaso de ataque, para disolver el PbSO₄, dejándolo hervir de 5 a 10 minutos, después añadir 10 ml de ácido ascórbico y de 3 a 5 gotas de solución xilenol orange.
- Titular con EDTA hasta que varíe del color violeta al color amarillo.
- Por último calculamos el porcentaje de Pb y reportar resultados.

En los procesos anteriores, se deben tomar en cuenta factores de variación de datos con el fin de arrojar datos verídicos:

En el caso del ensaye del zinc, hay que tomar en cuenta:

Factor del EDTA.

Este factor, es calculado mediante una prueba paralela al ensaye:

- Se pesan de 0.145 a 0.175 g de una lámina de zinc químicamente pura, limpia y seca.
- Colocar la lámina de zinc en un vaso de precipitado de 600 ml.
- Agregar 100 ml de agua desmineralizada y 10 ml de HCl concentrado.

- Hervir hasta la total disolución de la lámina.
- Retirar del calor, enfriar y añadir de 6 a 8 gotas de azul de bromotimol.
- Alcalinizar con un poco de NH_4OH .
- Neutralizar con HCl 1:1 para cambiar el color de azul a amarillo.
- Añadir de 3 a 5 gotas de xilenol orange, si se torna color violeta, agregar una gota de HCl para reafirmar el color amarillo.
- Se agregan 30 ml de la solución buffer y la muestra cambia a color violeta.
- Añadir agua en caso de ser necesario hasta completar 300 ml.
- Titular con EDTA, el cambio se da con coloración amarilla (cambio de violeta a amarillo), anotar los mililitros gastados

La fórmula para calcular el factor es: $F = \frac{m_{\text{EDTA}}}{Zn}$ donde m_{EDTA} son los mililitros gastados de EDTA y Zn es el peso de la lámina de zinc en gramos.

Ahora, si el factor resulta ser:

$F=1$: tendremos que 1 ml de EDTA= 0.005 g de zinc en la muestra.

$F>1$: falta agua en la solución, por lo que 1 ml de EDTA titula más de 0.005 g de zinc.

$F<1$: falta sal EDTA, por lo que 1 ml de EDTA titulará menos de 0.005 g de zinc.

Es recomendable ajustar el factor (F) a un valor cercano a 1.

Ejemplo:

Factor del cadmio presente.

También es necesario conocer la cantidad de cadmio presente en la muestra (determinado por medio del espectrofotómetro de absorción atómica); conociendo el porcentaje de cadmio en la muestra, se corrige el cadmio titulado como zinc con ayuda de la siguiente fórmula:

Donde: Cd es la corrección por el cadmio titulado como zinc PM_{Zn} es el peso molecular del zinc, $\%Cd$ es el porcentaje de cadmio presente en la muestra y PM_{Cd} es el peso molecular del cadmio. Como el peso molecular del zinc y del cadmio son constantes, la ecuación se reduce a:

Una vez obtenido el factor de corrección para el cadmio, éste se le debe restar al valor obtenido en la titulación del zinc, ejemplo:

- 54 % de zinc obtenido con la titulación normal.
- Con el espectrofotómetro de obtiene un valor de 0.3 % de cadmio.
- Se obtiene el factor del cadmio:
- Se le resta ese valor (0.1745) al valor obtenido del zinc:
- Ese valor (53.8255 %) es el valor real de la cantidad de zinc presente (en porcentaje) en la muestra.

Finalmente, el alcance de la titulación de zinc por volumetría es solo para

muestras desde 50 hasta 60 % de zinc, en concentraciones diferentes de zinc es mejor usar un procedimiento diferente como el caso de absorción atómica, por lo que se debe tener una estimación previa de la cantidad de zinc presente en las muestras a analizar.

En el caso del ensaye de plomo hay que tomar en cuenta:

Factor del EDTA.

Este factor es calculado mediante una prueba paralela al ensaye:

- Pesar entre 0.175 y 1.145 g de lámina de plomo químicamente puro limpia y seca y colocarla en un vaso de precipitado de 400 ml.
- Disolver con 20 ml de H₂SO₄ 1:1 en calor fuerte hasta desprendimiento de humos de SO₃.
- Enfriar el vaso.
- Añadir 100 ml de agua desmineralizada lavando tapa y paredes del vaso.
- Añadir de 15 a 20 gotas de agua oxigenada dejando hervir durante 5 o 10 minutos a temperatura media.
- Filtrar a través de un filtro Whatman #2 y lavar el filtro seis veces con agua desmineralizada.
- En el vaso donde se atacó la muestra, se agregan 30 ml de solución buffer para plomo y agua desmineralizada hasta 275 ml de volumen.
- Pasar el papel filtro con el precipitado al vaso de ataque, para disolver el PbSO₄, dejándolo hervir de 5 a 10 minutos, después añadir 10 ml de ácido ascórbico y de 3 a 5 gotas de solución xilenol orange.
- Titular con EDTA hasta que varíe del color violeta al color amarillo.
- Tomar nota de los mililitros gastados.

Se calcula el factor de la siguiente forma:

, donde m_{EDTA} son los mililitros gastados de EDTA y Pb es el peso de la lámina de plomo en gramos.

Al igual que en el caso del zinc, se tiene que:

F=1: tendremos que 1 ml de EDTA= 0.005 g de plomo en la muestra.

F>1: falta agua en la solución, por lo que 1 ml de EDTA titula más de 0.005 g de plomo.

F<1: falta sal EDTA, por lo que 1 ml de EDTA titulará menos de 0.005 g de plomo.

Es recomendable ajustar el factor (F) a un valor cercano a 1.

Ejemplo:

Finalmente, el alcance de la titulación de plomo por volumetría es solo para muestras desde 60 hasta 80 % de plomo, en concentraciones diferentes de plomo es mejor usar un procedimiento diferente como el caso de absorción atómica, por lo que se debe tener una estimación previa de la cantidad de

plomo presente en las muestras a analizar.

Para determinar los porcentajes de zinc y plomo una vez terminada la titulación:

Para el caso del zinc se calcula:

% de zinc

Donde: m_{EDTA} son los mililitros gastados de EDTA en la titulación, F es el factor del EDTA (explicado previamente), Zn es el peso de la muestra en gramos y Cd es el factor del cadmio (explicado previamente).

Para el caso del plomo se calcula:

% de plomo

Donde: m_{EDTA} son los mililitros gastados de EDTA en la titulación, F es el factor del EDTA (explicado previamente) y Pb es el peso de la muestra en gramos.

Preparación de soluciones.

En todo el laboratorio de vía húmeda se deben usar soluciones (reactivos diluidos en un solvente que generalmente es el agua) para poder realizar los ensayos, estos son algunas de las soluciones elaboradas:

- *EDTA para zinc* consta de 28.6 g de EDTA disódico en 1 litro de agua destilada)
- *Buffer de zinc*: 165 g de acetato de amonio, 65 g de tiosulfato de sodio, 34 g de fluoruro de amonio, agua hasta completar un volumen de 1 litro. (el pH de la solución debe ser de 7 a 8)
- *EDTA para plomo*: 9 g de EDTA disódico en 1 litro de agua desmineralizada.
- *Buffer de plomo*: 5,000 g de acetato de amonio, 1 litro de ácido acético y 12.5 litros de agua (el pH de la solución debe ser de 5 a 6.5)
- *Xilenol orange*: 0.5 g de xilenol orange en 100 ml de agua desmineralizada.
- *Azul de bromotimol*: 0.1 g de azul de bromotimol en 100 ml de etanol (alcohol etílico)

Determinación de insolubles.

Este ensaye consiste en la determinación de la cantidad de materia insoluble en ácidos que presenta una muestra. El procedimiento es el siguiente:

- Se pesan exactamente 500 mg de muestra y se colocan en un vaso de precipitado.
- Se le agrega 10 ml de ácido perclórico concentrado y se pone a calentar hasta llevar casi a sequedad total.
- Una vez transcurrido esto, en el vaso queda una emulsión con aspecto pastoso; se retira del calor y se deja enfriar.
- Se agregan aproximadamente 15 ml de agua y se vuelve a calentar de 5 a 10 minutos.

- Se añaden 10 ml de HCl concentrado y se calienta de 5 a 10 minutos.
- Se filtra en papel filtro Whatman #2 lavando con agua caliente para evitar la retención de plomo.
- Una vez filtrado, el papel filtro se dobla con cuidado y se coloca en un crisol pequeño.
- Se introduce el crisol a la mufla por 30 minutos para calcinar todo el papel y que solo queden los insolubles.
- Se saca el crisol de la mufla, se enfría y se pesa el insoluble contenido en el crisol.
- Se obtiene el porcentaje de insoluble de la siguiente forma:

, donde *ins* es el porcentaje de insoluble y *res* es el residuo que queda en el crisol después de calcinar.

Determinación de sólidos disueltos y sólidos totales.

Este ensaye tiene la finalidad de determinar la cantidad de sólidos presentes en una muestra de agua proveniente de la mina, ya sea sólidos disueltos o sólidos totales (generalmente ambas). El procedimiento de sólidos en suspensión es el siguiente:

- Se toma una muestra del agua a analizar.
- Se pesa el papel filtro que se va a usar.
- Se filtran 50 ml de la muestra en un crisol con su respectivo papel filtro.
- Una vez filtrado se seca el papel dejándolo un momento en la parrilla.
- Cuando el papel esté seco se pesa y se determina la cantidad de sólidos en suspensión por diferencia de pesos.

El procedimiento para sólidos totales es:

- Se toma una muestra de agua a analizar.
- Se pesa el crisol que se va a usar.
- Se agregan 50 ml del agua a analizar en el crisol y se pone a calentar hasta llevar a sequedad.
- Se pesa el crisol una vez que esté completamente seco y se determina la cantidad de sólidos totales por diferencia de pesos.

Una vez obtenidos los dos resultados de la muestra, se puede obtener la cantidad de sólidos disueltos restando la cantidad de sólidos en suspensión a los sólidos totales.

Determinación de oro y plata por vía seca.

En este tipo de ensaye se determina la cantidad de oro y plata presentes en la muestra analizada; para esto es necesario fundir la muestra a altas temperaturas. El procedimiento es el siguiente:

- Colocar en un crisol las siguientes fundentes:
 - 80 g de PbO
 - 15 g de Na₂CO₃
 - 3 g de arena
 - Se le agregan al mismo crisol 10 g de muestra.

- Se le añade un poco de harina y un poco de sílice y se homogeniza la mezcla con una espátula hasta tener una coloración uniforme.
- Una vez homogeneizada la muestra, se le agrega 10 g de bórax y se deja encima de la mezcla (sin mezclar).
- Se introduce el crisol a la mufla a 700° C y se deja fundir por 35 minutos.
- Después de los 35 minutos se eleva la temperatura a 1000° C y se mantiene ahí por 15 minutos más.
- Transcurrido el tiempo de fundición se retira el crisol de la mufla y se vacía en una payonera cónica.
- Una vez fría, se separan la escoria y plomo (que lleva consigo la plata y el oro) y se forma un cubo con el plomo golpeándolo con un martillo.
- Verificar que el peso del plomo esté entre 38 y 40 g, de no ser así, se le puede agregar plomo metálico químicamente puro (en caso de falta de peso) o realizar de nuevo la fusión añadiendo en la segunda ocasión un material que minimice la cantidad de plomo. (Hasta este punto termina la fusión)
- Se pone a calentar una copela por 30 minutos a 960° C para evitar humedad en ella. (En este punto comienza la copelación).
- Se deposita el cubo de plomo sobre la copela y se deja por 55 minutos de la siguiente forma: empezar a 960° C durante 10 minutos, y finalizar a 850° C por 45 minutos.
- Transcurrido el tiempo se retira la copela de la mufla y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se retira el botón de dore de la copela y se le eliminan todas las impurezas que se le hayan quedado adheridas.
- Se pesa el dore en una balanza analítica y se registra el peso.
- Se coloca el dore en un crisol de porcelana pequeño y se le agrega HNO₃ al 33% en volumen y se pone a calentar hasta que se disuelva toda la plata, la pequeña partícula restante es el oro de la muestra, el cual se seca, se pesa y se registra el peso para poder determinar la cantidad de plata por medio de la diferencia entre el peso del dore y el peso del oro.

Para la realización de esta práctica se deben usar copelas, las cuales son elaboradas en el mismo laboratorio de vía seca, el procedimiento para esto es:

Preparación de copelas.

- Se hace una mezcla de 75 % en peso de ceniza de hueso y 25 % en peso de cemento y se homogeniza perfectamente.
- Se le adiciona agua hasta que quede con una consistencia no muy húmeda, pero que sin embargo retenga la forma sin desmoronarse.
- Se introduce la mezcla en la copeladota hasta llenar el orificio y se golpea un poco con un martillo de madera para compactar la mezcla.
- Se coloca la cubierta superior de la copeladota y se presiona el pedal de la parte inferior de la copeladota para compactar aún más la mezcla.
- Se retira la cubierta exterior y se saca la copela presionando el pedal hasta que halla salido la copela completamente, se retira la copela y

se deja secar.

Otra de las actividades realizadas fue la elaboración de las hojas de seguridad, que aunque no pertenece en sí al área de laboratorio (pertenece al área de seguridad industrial), es una buena manera de aprender o recordar las propiedades de ciertas sustancias.

Elaboración de hojas de seguridad.

Las hojas de seguridad son documentos que proporcionan información sobre cierta sustancia en específico, están enfocadas principalmente a la información sobre los riesgos que se corren al trabajar con determinada sustancia, así como las recomendaciones para trabajar con esa determinada sustancia, un ejemplo de estas hojas de seguridad se muestran a continuación:

Absorción atómica.

La Absorción Atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos del sistema periódico. Sus campos de aplicación son, por tanto, muy diversos. Así, se emplea en el análisis de agua, análisis de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria, petroquímica, etc. Como se describe en la teoría atómica de Bohr, los átomos disociados pueden absorber y emitir paquetes de radiación electromagnética, teniendo energías discretas que identifican a determinado átomo. Cuando la luz correspondiente es pasada a través de un prisma o espectrógrafo, ésta se separa parcialmente de acuerdo a su longitud de onda, esa radiación electromagnética es usada para distinguir los elementos en un espectrofotómetro.

En esta área es posible analizar todo tipo de elementos (incluyendo los que se analizan en vía seca y vía húmeda), sin embargo, no se efectúan, esta área es usada solo para analizar elementos presentes en bajas o medias proporciones en una muestra mineral.

Esta área, como ya se mencionó previamente, analiza los siguientes elementos:

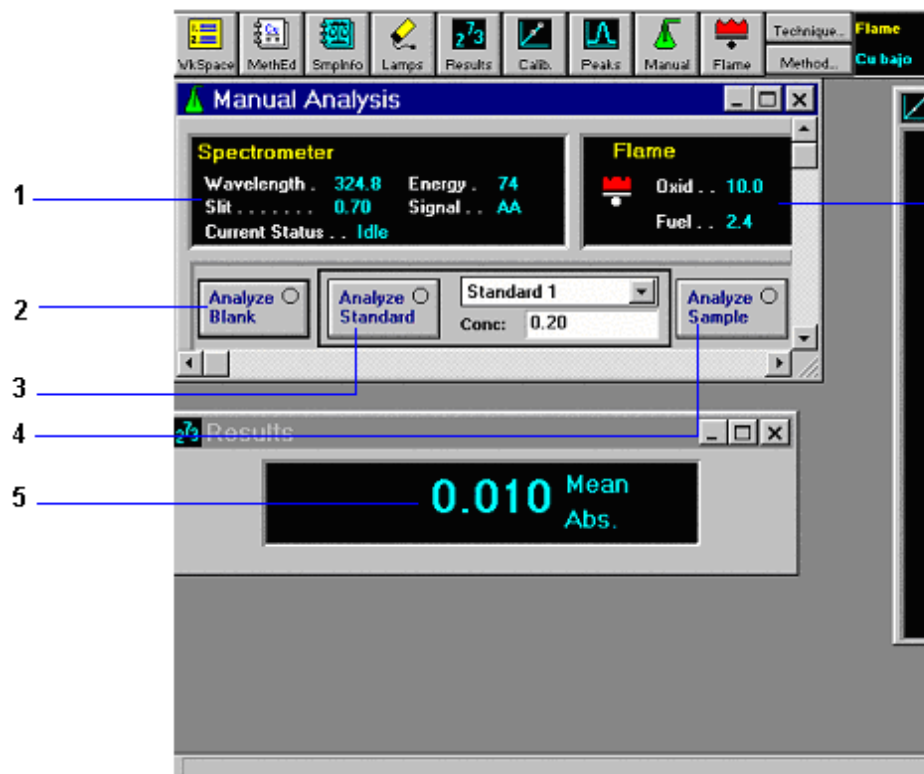
- ◆ Oro
- ◆ Plata
- ◆ Plomo
- ◆ Zinc
- ◆ Hierro
- ◆ Bismuto
- ◆ Cobre
- ◆ Fierro marmatítico
- ◆ Óxido de plomo
- ◆ Óxido de zinc

El procedimiento en general para efectuar el análisis es similar en la mayoría de los elementos a analizar, solo se disuelve 500 mg de la

muestra con ácidos (principalmente ácido clorhídrico y ácido nítrico), se diluye en agua y se toman 5 ml de esta dilución para aforar a 100 ml, una vez hecho esto, estará listo para el análisis en el espectrofotómetro, cuyo manejo es relativamente simple.

Para analizar las muestras con el espectrofotómetro se deben de tener estándares de concentraciones conocidas para alimentarlos a la computadora y se debe contar también con un prueba en blanco (agua destilada), una vez que se tienen los estándares y el agua, se introducen sus concentraciones en la calibración del aparato de absorción comenzando por la prueba en blanco (agua) seguida de los estándares, esto se realiza introduciendo el dispositivo de succión de muestra (un tubo capilar de plástico) dentro del estándar a analizar y se ordena al aparato que se efectúe la calibración en base a los estándares; una vez que se ha calibrado el equipo, se procede a analizar las muestras sumergiendo de la misma forma el tubo capilar dentro de la muestra y ordenando al aparato el análisis, una vez obtenido el resultado, se multiplica el valor obtenido por el aparato dependiendo de la cantidad de muestra que se usó (puesto que el aparato da los resultados en mg/Lt) y se registra de manera apropiada.

A continuación se muestra la pantalla en que se trabaja con el aparato de absorción atómica



- **Estado del aparato.** Este recuadro indica la longitud de onda, la energía, etc con que está trabajando el aparato.
- **Analizar blanco.** En este botón (o presionando F5) se indica al aparato que se analice el blanco (agua destilada) para indicar el cero en la curva de calibración.

- **Analizar estándar.** En este botón (o presionando F6) se le indica al aparato que se analice el estándar (ya sea primero, segundo, tercero, etc) para definir la curva de calibración.
- **Analizar muestra.** En este botón (o presionando F7) se le indica al aparato que analice las muestras y nos de la lectura.
- **Pantalla de resultados.** En este recuadro negro se muestra la cantidad (en mg/L) del elemento presente en la muestra.
- **Elemento a analizar.** Es el elemento que se busca conocer su concentración en la muestra.
- **Estado de la flama.** Es el estado en que la flama se encuentra, ya sea la cantidad de combustible, la flama oxidante, etc.
- **Curva de calibración.** Es la curva que se dibuja a partir de los estándares, la cual es usada para analizar las muestras.

Observaciones.

La mayoría del personal me brindó su atención en cuanto al proceso que implican en cada una de las partes que componen la planta como el área de trituración y área de molienda, así como el personal que labora en el área de flotación, (que fue en donde comencé mis prácticas) y principalmente en el área del laboratorio, en donde de inmediato se me impartieron los conocimientos para trabajar en esta área, además el personal trabaja siempre en un ambiente de camaradería en el cual es mucho más placentero el desempeño laboral.

Las instalaciones se encuentran en buenas condiciones y además se están remodelando algunas partes (el laboratorio es una de esas partes); pero eso a veces es un problema por que las personas que efectúan la remodelación pueden estorbar (de hecho lo hacen) en las maniobras diarias y entorpecer el trabajo.

Conclusiones.

Durante mi estancia en esta compañía pude observar que todo el personal labora en armonía, responsabilidad y sobre todo mucha dedicación a la labor que cada uno desempeña en su área.

Aprendí diversas formas de analizar muestras, ya sea con el aparato de absorción atómica, vía seca o vía húmeda (que incluso no manejábamos en el Tecnológico de Parral), además aumenté considerablemente mi habilidad para trabajar con el equipo de laboratorio y, con la elaboración de las hojas de seguridad, recordé las propiedades de diversas sustancias que, aunque no son comunes para mucha gente, nos es común a nosotros quienes vivimos todos los días en los laboratorios.

Llegué a la conclusión que falta mucho por aprender, se cumplió con el objetivo de la práctica, realmente aprendí que existen problemas que pueden afectar a un sin número de personas, puesto que la industria minera contiene demasiados riesgos tanto en la mina como en la planta de beneficio y el pueblo mismo.

En esta práctica aprendí varios aspectos, no solo industriales sino que también las relaciones humanas, el trabajo en equipo y algo muy importante; en Unidad Naica se trata de fomentar el valor en las personas.

Bibliografía.

- Boletín de Grupo Peñoles.
- Manual de operación de preparación de muestras.
- Manual de laboratorio.
- Hojas de seguridad de la Asociación Mexicana de Seguridad e Higiene.
- www.lafacu.com
- www.elrincondelvago.com

Cueva de los cristales

Planta baja

Planta alta

Concentración de embarques (Pb)

Concentración de las muestras por turnos

ABS. ATOMICA

VOLUMETRIAS

VIA SECA

LABORATORIO

•