

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

**ANÁLISIS QUÍMICO DE CONCENTRADOS DE
MOLIBDENO EN MINERA LAS BAMBAS**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL**

Presentado por:

Bach. WILMER NESTOR MAMANI HANCCO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO METALURGISTA

TACNA - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

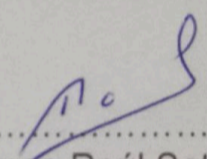
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

ANÁLISIS QUÍMICO DE CONCENTRADOS DE MOLIBDENO EN MINERA LAS BAMBAS

Trabajo de Suficiencia Profesional sustentado y aprobado el 05 de julio de dos mil veinticuatro por el Bachiller Wilmer Nestor Mamani Hanco; siendo el jurado calificador integrado por:

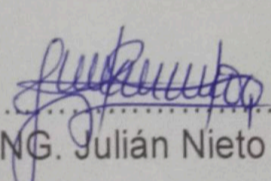
PRESIDENTE

:


Dr. Tolomeo Raúl Soto Pérez

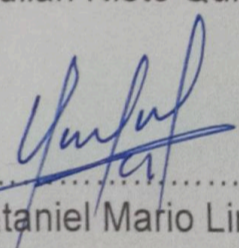
SECRETARIO

:


ING. Julián Nieto Quispe

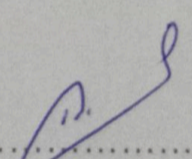
VOCAL

:


Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

ASESOR

:


Dr. Tolomeo Raúl Soto Pérez

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Tolomeo Raúl Soto Pérez

en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad (indicar de Facultad/Posgrado) N° 8719 - 2024 - FAIN - UNSBG de la trabajo de suficiencia profesional (indicar lo que corresponda:

tesis/trabajo de investigación/ trabajo académico/trabajo de suficiencia profesional), titulado:

Análisis Químico de Concentrados de Molibdeno
en Minera las Bambas

Presentado por el bachiller (indicar estudiante/egresado/bachiller/titulando/magister)

Wilmer Nestor Mamani Manco

Para optar el (indicar el grado académico/título profesional/título de segunda especialidad profesional)

Título Profesional de Ingeniero Metalurgista

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del **software de similitud textual** turnitin

cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9 % Por lo que,

CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la trabajo de suficiencia profesional (indicar si es: tesis/trabajo de investigación/ trabajo académico/trabajo de suficiencia profesional) enunciado líneas arriba, la cual está expedita para continuar con

los trámites para la obtención de Título Profesional (indicar: grado académico/título profesional/Título de segunda especialidad profesional), según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

FIRMA ASESOR
Nombres y apellidos, DNI

Tolomeo Raúl Soto Pérez
00426568
Tolomeo Raúl Soto Pérez



FIRMA TESISTA
Nombres y apellidos, DNI Wilmer Nestor Mamani Manco

71215863

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, cuyo arduo trabajo ha sido admirable, su amor hacia mí es incalculable, han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Han depositado su total confianza en mí en cada etapa de mi vida, como estudiante y como profesional, nunca dudando de mis habilidades. Gracias a ellos, soy quien soy en la actualidad. Les amo con todo mi ser.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por acompañarme en cada etapa de mi vida, tanto en los momentos de alegría como en los desafíos que he enfrentado. Reconozco su presencia en todo momento y valoro su amor incondicional.

A mis padres y hermanos, por su amor y paciencia, por confiar en mí y brindarme las oportunidades y los recursos necesarios para alcanzar mis metas profesionales.

A Ana, por su amor, comprensión y apoyo constante en cada situación que he enfrentado.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales de la Universidad Jorge Basadre Grohmann por su dedicación y enseñanzas que han contribuido a mi crecimiento profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	2
ASPECTOS GENERALES	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTO TEÓRICO	4

2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. MINERÍA DEL MOLIBDENO	5
2.2.1. Características y propiedades	7
2.3. LA ABSORCIÓN ATÓMICA	8
2.3.1. Principio de absorción atómica	10
2.3.2. Etapas en el proceso de atomización	11
2.3.3. Instrumentación	15
2.3.4. Ley De Lambert - Beer	17
2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MOLIBDENO	20
2.5. FUNDAMENTO POR GRAVIMETRÍA	21
2.5.1. Volatilización o destilación	22
2.5.2. Extracción	22
2.5.3. Precipitación	22
2.5.4. Análisis químico del Molibdeno por cuantificación	23
2.6. MÉTODOS INSTRUMENTALES PARA ANÁLISIS	24
2.6.1. Absorción y emisión de energía radiante	27
CAPÍTULO III	30

FUNDAMENTO METODOLÓGICO	30
2.7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA	30
2.8. POBLACIÓN Y MUESTRA	31
2.9. EQUIPO, MATERIALES Y REACTIVOS	32
2.9.1. Procedimiento de molibdeno gravimétrico	37
2.9.2. Método de análisis por absorción atómica	48
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS	50
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de llama	11
Tabla 2 Señales utilizadas en los métodos instrumentales	25
Tabla 3 Resultados de % molibdeno por gravimetría	51
Tabla 4 Resultados de % molibdeno por absorción atómica	52
Tabla 5 Resultados comparativos de % molibdeno por gravimetría y absorción atómica	53
Tabla 6 Ganancia de lámparas AAS	58
Tabla 7 Medio de soluciones estándar - Absorción atómica - flama	59
Tabla 8 Curvas de calibración	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mineral de molibdeno y concentrado de molibdeno	7
Figura 2 Componentes principales de un AAS	9
Figura 3 Tipos de llamas	12
Figura 4 Etapas de proceso de atomización	12
Figura 5 Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica	15
Figura 6 Atenuación de la radiación al pasar por un medio absorbente	18
Figura 7 La absorbancia tiene una relación lineal con la concentración	20
Figura 8 Diagrama de flujo de gravimetría	31
Figura 9 Filtros a presión de aire.	32
Figura 10 Pulverizadora	33
Figura 11 Balanza	33
Figura 12 Plancha de ataque	34
Figura 13 Mufla de calcinación	34
Figura 14 Agitador magnético	35
Figura 15 Equipo de absorción atómica	35
Figura 16 Vasos codificados con muestra de concentrado molibdeno	38
Figura 17 Digestión de muestras de concentrado molibdeno	39
Figura 18 Concentrado de molibdeno digestado a sequedad	40

Figura 19 Retomado de concentrado molibdeno	41
Figura 20 Filtrado de solución de molibdeno y retención de fierro	42
Figura 21 Disgregación de precipitado para molibdeno residual	43
Figura 22 Solución filtrada de molibdeno con indicador	44
Figura 23 Solución de molibdeno llevado a temperatura	44
Figura 24 Acondicionamiento final para precipitar el molibdeno	45
Figura 25 Filtrado del molibdeno precipitado	46
Figura 26 Calcinación	47
Figura 27 Diagrama de flujo de ataque químico y absorción atómica	48

RESUMEN

El presente estudio aborda la implementación de un sistema para asegurar la calidad y confiabilidad de resultados en las muestras que se analizarán próximamente. Además, se tendrá como finalidad comparar productos por gravimetría y absorción atómica para determinar resultados confiables garantizando la calidad de resultados del Laboratorio Químico en la Unidad Minera Las Bambas. El proyecto se ha desarrollado con la recopilación de información de muestras concentradas llamadas despacho de molibdeno provenientes de la Planta Concentradora de molibdeno - Las Bambas. Siendo el principal propósito, la fiabilidad de los análisis y datos enviados por el Laboratorio Químico Las Bambas, los mismos que serán aplicados en las operaciones de la Planta Concentradora de molibdeno de Las Bambas. Este proceso tiene como objetivo de comparar resultados de Gravimetría y Espectroscopia de Absorción atómica, lo cual permitirá obtener como resultados, datos con mayor exactitud.

Palabras clave: gravimetría, absorción atómica, laboratorio químico ,despacho molibdeno.

ABSTRACT

The present study addresses the implementation of a system to ensure the quality and reliability of results in samples that will be analyzed in the near future. Furthermore, the aim is to compare products through gravimetry and atomic absorption to determine reliable results, guaranteeing the quality of results from the Chemical Laboratory at the Las Bambas Mining Unit. The project has been developed by gathering information from concentrated samples called molybdenum dispatches from the Molybdenum Concentrator Plant at Las Bambas. The main purpose is the reliability of the analyses and data sent by the Chemical Laboratory at Las Bambas, which will be applied in the operations of the Molybdenum Concentrator Plant at Las Bambas. This process aims to compare results from Gravimetry and Atomic Absorption Spectroscopy, which will allow for more accurate data to be obtained as results.

Key words: gravimetry, atomic absorption, chemical laboratory, molybdenum dispatch.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio químico, es un espacio muy importante en un recinto minero donde se realizan diferentes métodos analíticos con diferentes productos químicos para determinar la ley del analito a analizar. Para la determinación del molibdeno en las diferentes muestras de concentrado de molibdeno resulta esencial el conocimiento de los métodos, procedimientos y uso capacitado de reactivos químicos, que conllevarán hacia la obtención de resultados idóneos, confiables y útiles para su tratamiento posterior. Para tal devenir, debemos tener en claro los tipos de muestras que llegan, las variables y parámetros que nos permitirán controlar la determinación del Molibdeno en los laboratorios químicos a través de los diferentes métodos tanto el proceso de análisis por gravimetría y por espectroscopia de absorción atómica.

Los métodos empleados proporcionan un alto grado de confianza, seguridad y calidad en los resultados que se obtienen.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

Los resultados confiables obtenidos en laboratorios químicos en el rubro minero, ya sea por el método de AAS o por Gravimetría, están directamente relacionados con la aplicación de los resultados pertinentes para el balance de planta y adecuado funcionamiento.

Por lo tanto, se determinarán los resultados por absorción atómica y por gravimetría mediante la realización de procedimientos establecidos en el Laboratorio Químico las Bambas, para la obtención de la Ley de Molibdeno. ¿Por qué método se determinará mejor la Ley de Molibdeno?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En todo Laboratorio Químico ya sea comercial o en situ, que realicen análisis de molibdeno, se realizan estos procesos para la obtención de Ley de Molibdeno; por lo que el analista ya tiene un control o estándar establecido para poder desarrollar las actividades que competen a su labor.

Para obtener un resultado confiable debemos tener en cuenta el procedimiento en el área de preparación de muestras de planta. Además, se debe capacitar al personal de trabajo del Laboratorio Químico, desde el puesto de preparación hasta el instrumentista, para tener un mínimo de error en los resultados de los análisis realizados.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Corroborar la confiabilidad de resultados por procesos de gravimetría y AAS para el analito de molibdeno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Equiparar los resultados por cada método de análisis utilizado.
- Garantizar la calidad de los resultados para el envío a los clientes.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El molibdeno es el elemento químico que pertenece al grupo de los metales de transición y se encuentra en la tabla periódica con el símbolo Mo y el número atómico 42. Este metal tiene muchos tipos de aplicaciones en diferentes campos, como la industria, la medicina, la agricultura, entre otros.

En cuanto a su historia y descubrimiento, fue descubierto por Carl Wilhelm Scheele en 1778, aunque no fue aislado como elemento puro hasta 1781 por Peter Jacob Hjelm. Desde entonces, se ha investigado y estudiado en profundidad sus propiedades físicas y químicas, así como sus diferentes aplicaciones.

En la industria, se utiliza principalmente en la fabricación de aceros de alta resistencia y dureza, como el acero inoxidable y el acero para herramientas. También se emplea en la producción de catalizadores, lubricantes, aleaciones especiales, electrodos de soldadura, entre otros. En la medicina, el molibdeno es un componente esencial para el funcionamiento de

algunas enzimas, como la xantina oxidasa, que participa en el metabolismo de purinas y ácido úrico en el cuerpo humano.

En la agricultura, el molibdeno es un micronutriente esencial para las plantas, ya que participa en la fijación biológica del nitrógeno y en la asimilación del nitrato por parte de las plantas. Por lo tanto, la deficiencia de molibdeno en el suelo puede afectar el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En resumen, el molibdeno es un elemento químico importante con diversas aplicaciones en la industria, la medicina y la agricultura. Su descubrimiento y estudio han sido fundamentales para comprender sus propiedades y funcionalidades en diferentes campos.

La química del molibdeno es extremadamente compleja y con excepción de los halogenuros y calcogenuros, los compuestos que existen son muy pocos los que se conocen.

2.2. MINERÍA DEL MOLIBDENO.

Risopatron L. y Saldarriaga M.A. (2013), La molibdenita (MoS_2), mineral principal y casi característico de molibdeno, por su estructura cristalina hexagonal, formación laminal y propiedades altamente hidrofóbicas, es muy apto a los procesos de concentración por medio de flotación. La minería del

molibdeno es una industria importante que se dedica a la extracción de este mineral metálico de gran importancia en la industria. El molibdeno, se utiliza principalmente en la fabricación de aleaciones de acero y en la producción de lubricantes y pigmentos.

La extracción del molibdeno se realiza a través de minas a cielo abierto o subterráneas, donde se extrae el mineral a través de los procesos de trituración, molienda y flotación para separar el molibdeno del resto de minerales. Una vez extraído, el molibdeno se procesa y se convierte en concentrado de molibdeno que puede ser enviado a plantas de procesamiento para producir el producto final.

La minería del molibdeno se lleva a cabo en diferentes países como China, Chile, Estados Unidos y Perú, donde se encuentran las mayores reservas de este mineral. La industria del molibdeno ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años debido al aumento de la demanda de este mineral en diversas industrias, lo que ha llevado a la apertura de nuevas minas y a la expansión de la capacidad de producción.

Figura 1

Mineral de molibdeno y concentrado de molibdeno



2.2.1. Características y propiedades

▪ Físicas

- Densidad: 10.2 g/cm^3
- Conductividad eléctrica: $18.7 \times 10^6 \text{ S/m}$
- Conductividad térmica: 139 W/m.K
- Calor Específico: 250 J/K.kg
- Punto de ebullición: $4639 \text{ }^\circ\text{C}$
- Fusión o congelación: $2620 \text{ }^\circ\text{C}$
- El calor de vaporización: 598 kJ/mol.

▪ Químicas

- Número atómico: 42

- Valencia: 2,3,4,5,6
- Estado de oxidación: +6
- Electronegatividad: 1,8
- Radio covalente (Å): 1,45
- Radio iónico (Å): 0,62
- Radio atómico (Å): 1,39
- Configuración electrónica: [Kr]4d⁵5s¹
- Masa atómica (g/mol): 95,94

2.3. LA ABSORCIÓN ATÓMICA

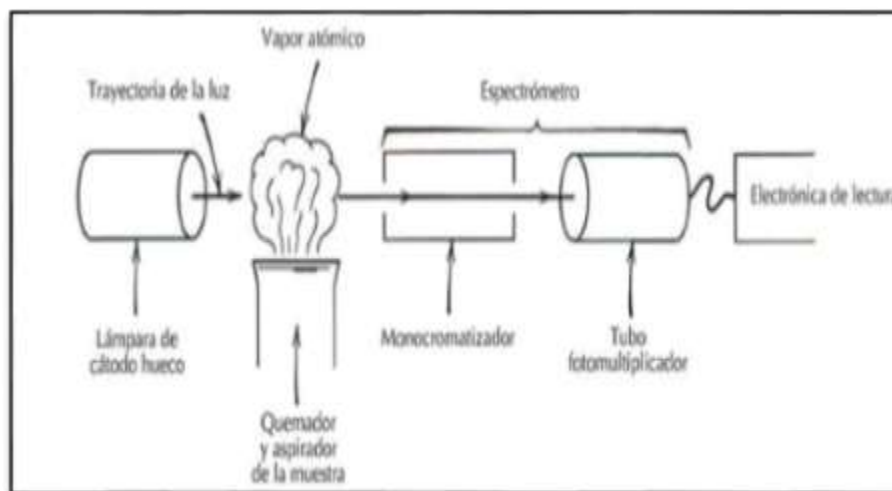
La absorción atómica, es un método de análisis químico utilizado para identificar la concentración de elementos metálicos en una muestra. Fue desarrollada en la década de 1950 por Alan Walsh y se basa en el principio de que los átomos de un elemento absorbidos por una llama o una lámpara de cátodo hueco, tienen una frecuencia específica de absorción de luz.

La técnica de absorción atómica se ha utilizado ampliamente en diversas aplicaciones, como la industria alimentaria para determinar la concentración de metales pesados en alimentos, en la industria farmacéutica para controlar la calidad de los medicamentos y en la industria ambiental para monitorear la contaminación del agua y el suelo.

El proceso de absorción atómica, consiste en hacer pasar una muestra líquida a través de una llama de acetileno y aire, lo que provoca que los átomos de los metales presentes en la muestra se exciten y emitan radiación electromagnética en forma de luz. Esta luz es luego absorbida por un detector y convertida en una señal que permite determinar la concentración de los elementos metálicos en la muestra.

En resumen, la absorción atómica es una técnica analítica importante que ha revolucionado la forma en que se determina la concentración de elementos metálicos en distintos tipos de muestras, proporcionando resultados precisos y fiables.

Figura 2
Componentes principales de un AAS



Nota: Marjorie C, C.C (2019).

En este proceso, se hacen pasar los iones de los elementos presentes en la muestra a través de una llama o un horno de grafito, donde se excitan y liberan energía en forma de radiación electromagnética.

La radiación absorbida por los átomos de la muestra es medida por un detector y comparada con la absorbida por una muestra de referencia con una concentración conocida del elemento en cuestión. A partir de esta diferencia en la absorción de la radiación, se puede determinar la concentración del elemento presente en la muestra original.

2.3.1. Principio de absorción atómica

Castro D, J.A (2015), “La AAS es el método de Química Analítica Cuantificable, donde se atomiza un analito que tiene una matriz líquida. Generalmente utilizado en nebulizador de prequemador, de esta manera poder crear la niebla de muestra y en el quemador en modo de hendidura. La niebla atómica se disuelve y se expone a una energía y longitud de onda específica producida por la llama y por la lámpara de un cátodo hueco. Se utiliza un nebulizador, una llama que pueda desolvatar y atomizar la muestra; para excitar el átomo del analito, se utilizan lámparas para brillar dentro la llama a diferentes longitudes de onda en cada tipo de analito”.

2.3.2. Etapas en el proceso de atomización

Castro D, J.A (2015), “Los pasos para la nebulización de analitos son usuales a los procesos de llama”.

Tabla 1

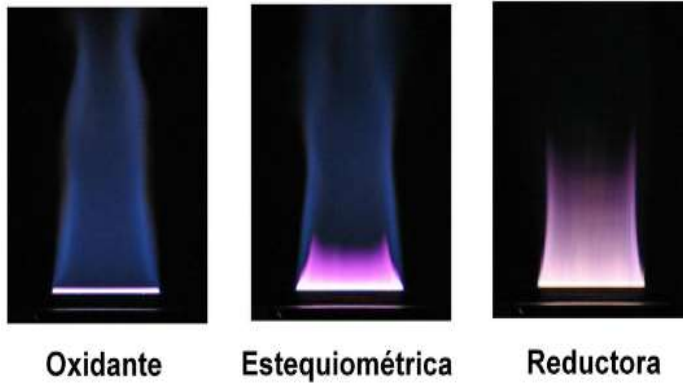
Tipos de llama

COMBUSTIBLE	OXIDANTE	TEMPERATURA	VELOCIDAD DE COMBUSTIÓN
Gas LP	Aire	1700-1900°C	39-43
Gas LP	Oxígeno	2700-2800°C	370-120
Hidrógeno	Aire	2000-2100°C	300-440
Hidrógeno	Oxígeno	2550-2700°C	900-1400
Acetileno	Aire	2100-2400°C	158-266
Acetileno	Oxígeno	3050-3150°C	1100-2480
Acetileno	Óxido nitroso	2600-2800°C	285

Nota: SGS-PETS-LQ-010

Figura 3

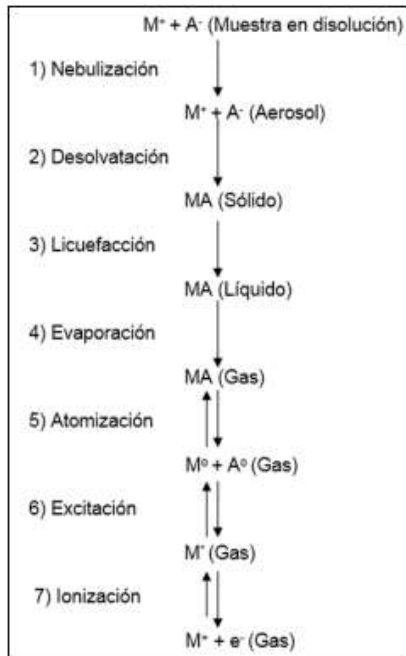
Tipos de llamas



Nota: SGS-PETS-LQ-010

Figura 4

Etapas de proceso de atomización



Nota: Castro D, J.A (2015).

- **Transporte de la disolución**

Castro D, J.A (2015), La solución se transfiere desde su depósito al nebulizador por medio de un tubo capilar de plástico estrecho”. Este proceso debe ser repetible para las muestras y estándares, las soluciones deben ser lo más similares posible en términos de solvente, viscosidad, tensión superficial, etc.

- **Nebulización**

Castro D, J.A (2015), “Esta etapa es en donde se convierte una solución a aerosol fino, el aerosol se transfiere a través de la llama hacia la cámara de mezcla. La cámara contiene una variación de componentes, una esfera de efecto, deflectores, para las partículas que son muy diminutas con el fin de que lleguen a la llama”.

- **Desolvatación**

Castro D, J.A (2015), “Cuando un aerosol se incendia, la desolvatación es el primer paso que se da, esta es la transformación en partículas de sal en forma de aerosol. En velocidad la disolución dependerá de los factores, el diluyente, la velocidad de succión, el tamaño de la gota y la temperatura de la llama”.

- **Vaporización**

Castro D, J.A (2015), “La técnica de la llama es importante ya que puede causar serios problemas, el tamaño de partículas es una de las variables que afectan en esta fase, el tiempo de la llama, composición de la partícula, la llama”.

- **Atomización**

Castro D, J.A (2015), “La solución de muestra se mezcla con una corriente de oxígeno gaseoso, que se mezcla con el gas combustible para formar una llama donde se produce la atomización”.

- **La ionización**

Castro D, J.A (2015), “Esto ocurre en la llama generalmente resulta en la pérdida de un electrón y puede expresarse como:



Donde: A = átomo neutro

A^+ = ion positivo

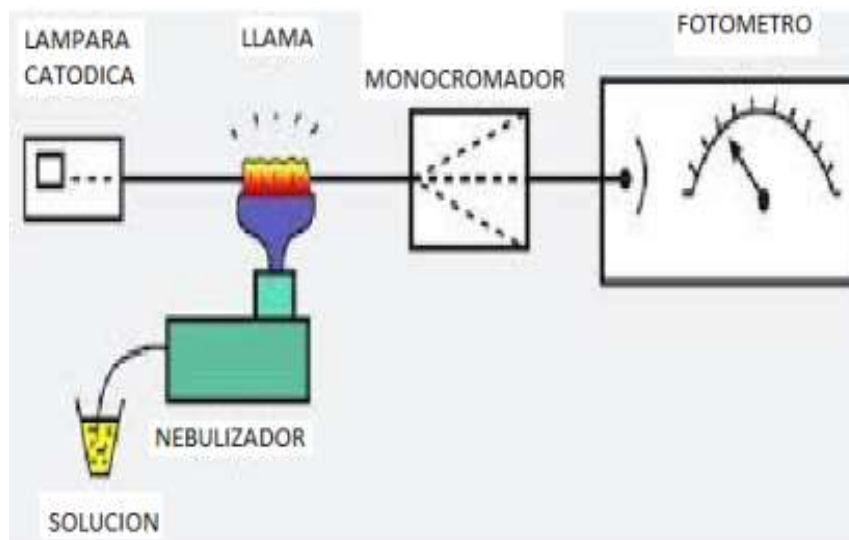
e^- = electrón libre

2.3.3. Instrumentación

Castro D, J.A (2015), “El espectrómetro de absorción atómica tiene los siguientes instrumentos elementales que se necesitan para la medición de la absorción”:

Figura 5

Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica



Nota: Castro D, J.A (2015)

▪ Las fuentes de radiación

Castro D, J.A (2015), “Utilizados en espectrofotómetros de absorción atómica, deben producir un haz estrecho de suficiente intensidad y estabilidad en largos espacios del tiempo. Lo común es las lámparas catódicas. La lámpara se formada mediante cátodos metálicos capaces de emitir una

radiación de igual longitud de onda que pueden absorber los átomos del elemento analizado. En algunos casos, los cátodos constan de más de un elemento, por lo que pueden usarse para identificarlos sin cambiar la lámpara”.

- **Sistema nebulizador-atomizador**

Castro D, J.A (2015), “El sistema nebulizador y el atomizador generalmente se combinan en uno, como dispositivos de AAS. En este proceso, la solución de la muestra se introduce primero como una fina neblina en una llama (nebulizador), donde los átomos se forman en su estado fundamental. Se necesita un combustible (acetileno) y un oxidante (aire) para mantener la llama: la óptica de un equipo de AAS es similar a la de otros espectrofotómetros”.

- **Monocromador**

Castro D, J.A (2015), “Monocromador (prismas, rejillas de difracción); En general cuenta con un orificio de entrada u orificio que restringe e impide la radiación lumínica, que genera la fuente a un área específica, una serie de reflectores (espejos) que ayuda a dirigir la luz mediante el sistema óptico. Este elemento ayuda a separar la longitud de la onda de radiación lumínica, mediante una rejilla de difracción y la apertura para seleccionar la salida de la

longitud de onda que se necesita iluminar en la muestra. Donde la radiación que no se pudo absorber se dirige al detector.

- **Detector**

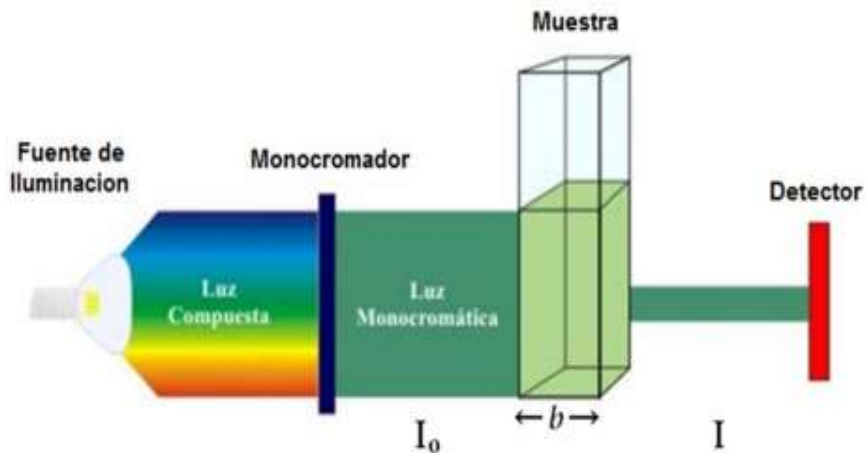
Castro D, J.A (2015), “Eso depende del rango de la longitud de la onda requerida, sensibilidad y rapidez de respuesta. El detector es el que admite la energía luminosa de la muestra y la transforma en un rastro eléctrico igual a la energía que es admitida. Este rastro eléctrico, se procesa y amplifica para que sea interpretada por un sistema de lectura, que después del procesamiento se puede presentar al instrumentista de varias maneras como gráficos de absorbancia.

2.3.4. Ley De Lambert - Beer

Castro D, J.A (2015), “Se considera la radiación monocromática de intensidad (I_0) pasa por una cavidad de espesor B , toda especie contiene un absorbente de concentración C , produce un desgaste en la intensidad de haz (I) debido al encuentro entre los fotones y la especie absorbente.

Figura 6

Atenuación de la radiación al pasar por un medio absorbente



Nota: Castro D, J.A (2015)

Castro D, J.A (2015), “La atenuación de la radiación pasa por el medio absorbente para describir cuantitativamente a través de dos términos diferentes, siempre relacionados entre sí la transmitancia y la absorbancia, la fracción de radiación incidente pasa por medio de la muestra, a la cual se le denomina transmitancia” (T).

Castro D, J.A (2015), La transmitancia la obtenemos mediante la razón de la intensidad final sobre la intensidad inicial”:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad [2]$$

Castro D, J.A (2015), La absorbancia (A) es el alterado del logaritmo decimal de la transmitancia. Donde la absorbancia forma una parte adimensional.

$$T = \text{Log}\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad [3]$$

Castro D, J.A (2015), “Ley de Lambert-Beer es la ecuación básica del análisis espectrométrico porque nos ayuda a calcular la concentración de la solución de la radiación absorbida por la solución de la misma sustancia.

$$A = a \times b \times c \quad [4]$$

Donde:

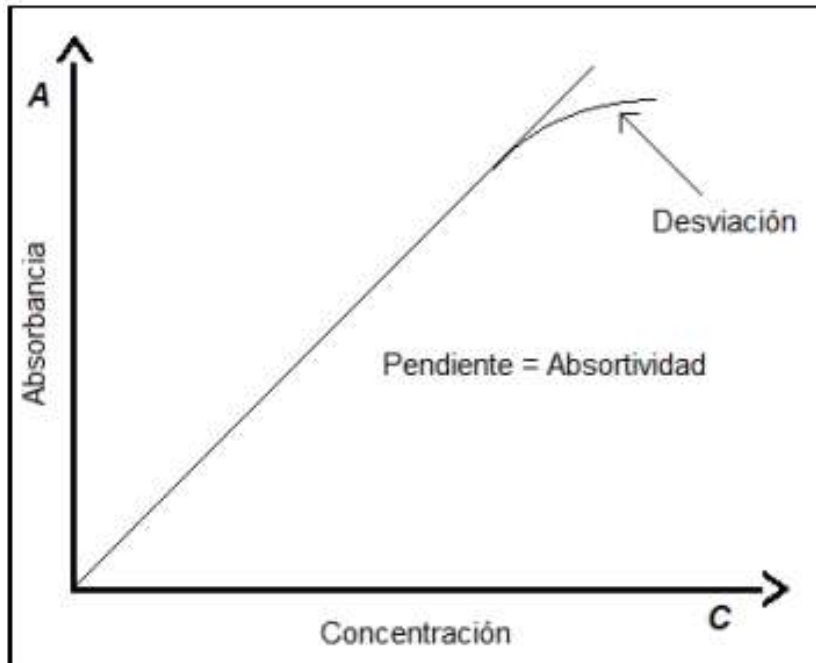
a = es la absorptividad.

b = es el trayecto del haz incidente.

c = la concentración de la disolución.

Figura 7

La absorbancia tiene una relación lineal con la concentración



Nota: Castro D, J.A (2015), La concentración, es la concentración particular de un analito, en mg/L, que se requiere para reportar una absorción del 1 %.

2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MOLIBDENO

Un método para determinar el Molibdeno en varias situaciones, ya sea en minerales, concentrados, soluciones, o aleaciones. Los resultados efectivos y precisos de los métodos que describimos están completamente probados.

El Molibdeno, se puede analizar mediante los procesos de absorción atómica analizando soluciones ácidas y el proceso de gravimetría precipitando, filtrando y calcinando la muestra.

2.5. FUNDAMENTO POR GRAVIMETRÍA

Este enfoque de evaluación cuantitativa se fundamenta en la medición precisa y exacta de la masa de la sustancia a analizar, la cual se ha separado previamente del resto de los componentes de la muestra como una fase más o menos pura, ya sea el propio componente o un compuesto de composición conocida.

El Análisis gravimétrico consta de dos etapas fundamentales:

- la separación del componente objetivo y
- la medición precisa de la masa del componente separado.

Los métodos de Análisis gravimétrico se dividen en tres grandes categorías:

- Volatilización o destilación
- Extracción
- Precipitación.

2.5.1. Volatilización o destilación

Marjorie C, C.C (2019). Los métodos gravimétricos de volatilización o destilación, se basan en la separación del analito de los demás componentes de la muestra a través de la volatilización, evaporación o destilación de ciertas sustancias con calor. Posteriormente, se pesa con exactitud el residuo que no se volatilizó.

2.5.2. Extracción

Marjorie C, C.C (2019). Los métodos de extracción gravimétrica se basan en la separación del analito de los otros componentes de la muestra a través de un proceso de extracción, que generalmente implica la utilización de disolventes orgánicos para solubilizar el compuesto de interés, o soluciones ácidas, básicas o neutras para separar los compuestos que interfieren. En ambos casos, el compuesto de interés se cuantifica al final mediante una pesada directa o por diferencia de pesada.

2.5.3. Precipitación

Marjorie C, C.C (2019). En los métodos gravimétricos de precipitación, la muestra se disuelve para separar la sustancia que se estudia (matriz), y luego el elemento que se quiere determinar (analito) se forma en un compuesto poco soluble, se separa por filtración, se lava, se quema o se seca

y se pesa con exactitud. Con la fórmula y masa de las cenizas o el precipitado, se puede calcular la concentración del compuesto a determinar en la muestra original.

2.5.4. Análisis químico del Molibdeno por cuantificación

2.5.4.1. Para metodología por Gravimetría

- Cálculo y expresión de resultados en %

Determinar el molibdeno por el método de gravimetría.

$$\%Mo = \frac{(P2-P1) \times 0.2613 \times 100}{W \times (1 - \%aceite)} + \%Mo (AAS) \quad [5]$$

Donde:

W = peso de muestra (g)

P1 = peso del crisol (g)

P2 = peso del crisol + muestra calcinada (g)

0.2613 = factor gravimétrico (Mo/PbMoO₄)

% Mo (AAS) = Residual leído por absorción atómica

2.5.4.2. Para metodología por AAS

- Cálculo y expresión de resultados

Esta ecuación calcula el molibdeno usando el método de absorción atómica:

$$\%X = \frac{\text{Lectura} \times V \times F}{W_{\text{muestra}}} \times 10000 \quad [6]$$

Donde:

$\%X$ = Determinación del elemento en %

Lectura = Valor (ppm)

W = peso muestra (g)

V = Volumen de aforo (ml)

F = Factor de dilución (V.aforo/V.alicuota)

2.6. MÉTODOS INSTRUMENTALES PARA ANÁLISIS DE MOLIBDENO

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), En los métodos instrumentales, se pueden utilizar señales analíticas en el análisis cualitativo o cuantitativo para describir de forma precisa las propiedades físicas. Se deben considerar los primeros seis en la tabla, que se relacionan con las radiaciones electromagnéticas. El primer método consiste en activar el analito con un indicador de radiación, mientras que los cinco restantes implican variaciones en la radiación al pasar a través de la muestra, siendo cuatro de ellos electrónicos. Por último, se agrupan cuatro señales diferentes relacionadas con la masa-carga, la velocidad de reacción, las propiedades térmicas y la radiactividad.

Tabla 2*Señales utilizadas en los métodos instrumentales*

SEÑAL	MÉTODOS INSTRUMENTALES
Emisión de radiación	Espectroscopia de emisión (rayos X, UV, visible, de electrones, Auger); fluorescencia y luminiscencia, (rayos X, UV y visible).
Absorción de radiación	Espectrofotometría y fotometría (rayos X, UV, visible, IR); espectroscopia fotoacústica; resonancia magnética nuclear y espectroscopia de resonancia de espín electrónico.
Dispersión de la radiación	Turbidimetría; nefelometría; espectroscopia Raman.
Refracción de la radiación	Refractometría; interferometría
Difracción de la radiación	Métodos de difracción de rayos X y de electrones.
Rotación de la radiación	Polarimetría; dispersión rotatoria óptica; dicroísmo circular.
Potencial eléctrico	Potenciometría; cronopotenciometría
Carga eléctrica	Coulombimetría.
Corriente eléctrica	Polarografía, amperometría

Nota: Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019).

- Generadores de señales

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), El generador de señal es el responsable de que los átomos o iones, estén emitiendo los fotones de

radiación. En la determinación del pH, la señal proviene de la actividad de los iones de hidrógeno presentes en la solución de muestra. Por lo tanto, en el análisis de absorción atómica, además de la muestra, también es importante contar con una fuente de radiación, como un monocromador ultravioleta..

- **Detectores (transductores de entrada)**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), Un sensor es un aparato que cambia un tipo de energía o señal a otra forma de energía. Por ejemplo, una fotocélula convierte la luz en electricidad. La mayoría de sensores transforman una señal analógica en corriente eléctrica, que luego se puede amplificar y ajustar para alimentar los dispositivos con los datos recolectados.

- **Procesadores de señales**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), El procesador de señal altera la señal detectada para adaptarla al funcionamiento del dispositivo de lectura. Una de las modificaciones más habituales es aumentar la amplitud de la señal, multiplicándola por un valor mayor a uno.

- **Espectrofotometría**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), Un lector es un dispositivo que convierte una señal procesada en una forma comprensible para el observador humano, como una posición de puntero, una salida de tubo de electrones o

una secuencia de números en una pantalla digital. En algunos casos, los dispositivos de lectura también pueden proporcionar la concentración de un analito de forma electromagnética.

$$Frecuencia = \frac{\text{Velocidad de la luz en el medio}}{\text{Longitud de onda en ese medio}} = \nu = \frac{c}{\lambda}$$

[7]

2.6.1. Absorción y emisión de energía radiante

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), La medición de la absorción o emisión de energía radiante es uno de los métodos físicoquímicos más comunes en el análisis. La popularidad de esta técnica se debe a varios factores.

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), El método es conveniente para repetir el mismo ingrediente que ocurre en una rutina de análisis para control. El método generalmente se aplica a las determinaciones precisas de las cantidades en las partículas más pequeñas del método gravimétrico. Frecuentemente se utiliza como una técnica de evaluación que no causa daño, lo cual puede ser crucial cuando el objeto en cuestión tiene un alto valor, como en investigaciones que incluyen elementos bioquímicos o transuránicos.

- **Espectros**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), El espectro se refiere a la gama de distancias. En este sentido, el espectro electromagnético abarca una variedad de radiación electromagnética que va desde rayos hasta ondas de radio, siendo el espectro visible una pequeña porción de esta amplia gama. Además, el espectro se puede representar gráficamente, fotográficamente y de manera visual, mostrando la intensidad de la radiación electromagnética emitida y absorbida por una sustancia en función de la frecuencia y longitud de onda.

- **Espectros de emisión**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), Cuando un elemento químico es vaporizado o también convertido en gas y luego se le calienta, ya sea mediante alta temperatura o mediante una descarga de alto voltaje, irradia luz que puede ser analizada con un espectroscopio. De esta forma, los espectros de emisión se transformaron en una herramienta importante para identificar los elementos y sus átomos constituyentes; por lo que son también conocidos como espectros atómicos.

- **Espectros de absorción**

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019), En los espectros de emisión se puede caracterizar mediante la serie de líneas brillantes y en la absorción. Por otro lado, forma una serie de líneas oscuras se muestran contra al interior brillante en el espectro visible. Al producir una luz blanca pasa a través de una muestra gaseosa. Si examinas la dispersión de luz proveniente de la muestra mediante un espectroscopio, podrás ver una serie de líneas opacas que componen el espectro de absorción de la sustancia en particular.

CAPÍTULO III

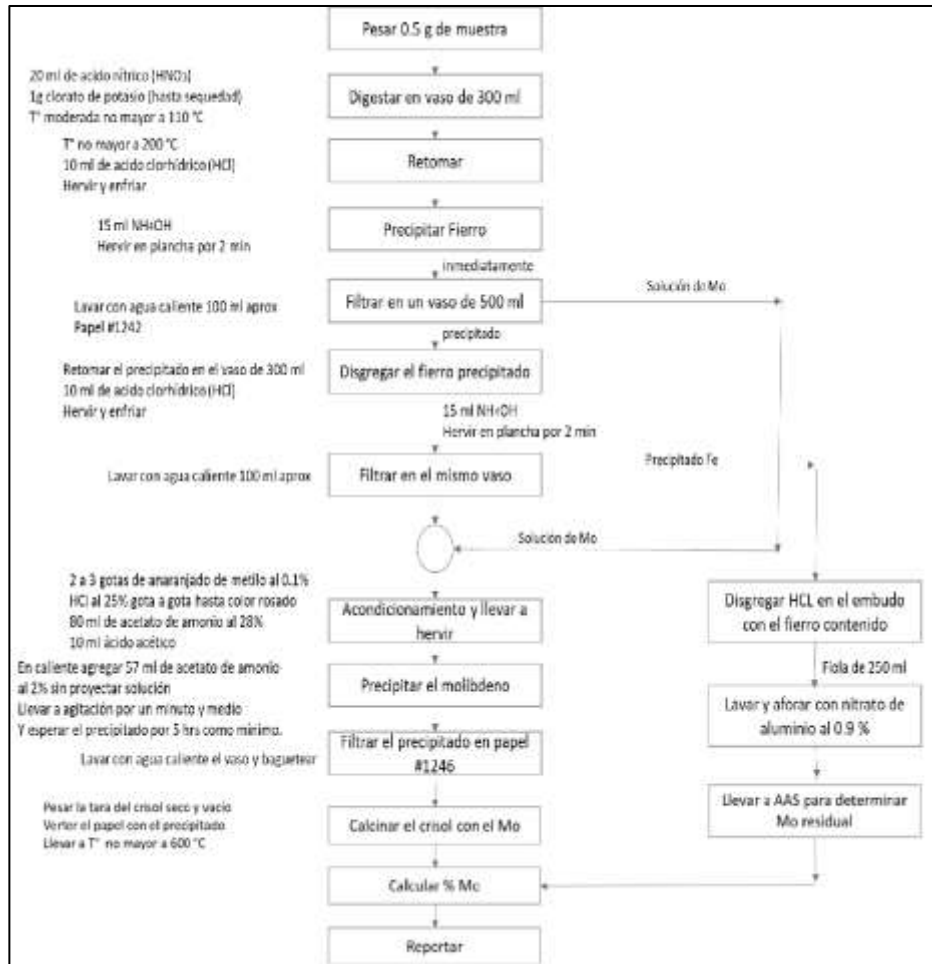
FUNDAMENTO METODOLÓGICO

2.7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

El fundamento metodológico del presente estudio hace referencia a los conocimientos que determinan la calidad y confiabilidad del proceso de gravimetría y absorción atómica en la Contratista SGS del Perú en la Minera Las Bambas en el área de laboratorio químico. En tal sentido, se asume la fundamentación descriptiva de carácter científico de los datos recopilados que van a permitir posteriormente una aplicación práctica.

Figura 8

Diagrama de flujo de gravimetría



2.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

▪ **Población**

Son muestras de concentrados provenientes de la planta concentradora molibdeno las Bambas.

- **Muestra**

Las muestras llegan al Laboratorio Químico de las Bambas, donde se realiza los procesos de análisis por gravimetría y absorción atómica.

2.9. EQUIPO, MATERIALES Y REACTIVOS

- **Equipos**

Figura 9

Filtros a presión de aire.



Figura 10

Pulverizadora



Figura 11

Balanza



Figura 12
Plancha de ataque



Figura 13
Mufla de calcinación



Figura 14
Agitador magnético



Figura 15
Equipo de absorción atómica



Nota: Imagen propia, (Importante mantener limpio el equipo de absorción para las lecturas de oro entre otros elementos).

- **Materiales**

- ✓ Vasos de precipitado de 400mL y de 600mL.
- ✓ Crisol de laboratorio (porcelana)
- ✓ Papel filtro ANOIA # 1242 y # 1246 o su equivalente
- ✓ Espátula para pesado
- ✓ Pincel
- ✓ Navecilla de pesaje
- ✓ Dispensadores de 10ml., 25ml. y 100ml.
- ✓ Embudos de vidrio con tubo largo (diámetro 7.5 cm)
- ✓ Magneto y la varilla magnética
- ✓ Pissetas
- ✓ Pinzas metálicas para vasos y crisoles
- ✓ Bureta graduada de vidrio de 100ml.
- ✓ Porta embudos de madera
- ✓ Fiole volumétrica de vidrio de 100ml.

- **Reactivos**

Estos reactivos se utilizan para la etapa de ataque oxidante y acondicionamiento del molibdeno gravimétrico:

- ✓ Ácido nítrico Q.P. (HNO_3) (67 -70) %

- ✓ Ácido clorhídrico Q.P. (HCl) (35 - 40) %
- ✓ Ácido clorhídrico diluido(HCl) al 25 %
- ✓ Clorato de potasio granular (KClO₃) 99 %
- ✓ Hidróxido de amonio Q.P. (NH₄OH) (25 – 30) %
- ✓ Ácido acético glacial Q.P. (CH₃COOH) 99.8 %
- ✓ Acetato de plomo (CH₃COO)₂Pb*3H₂O al 2%: Pesar 20g de acetato de plomo y con agua desionizada llevar a 1000 ml.
- ✓ Acetato de amonio (CH₃COONH₄) al 28%: Pesar 280g de acetato de amonio y con agua desionizada llevar a 1000 ml.
- ✓ Anaranjado de metilo (C₁₄H₁₄N₃NaO₃S) al 0.1%: Pesar 0.1g de, disolver en Alcohol y con agua llevar a 100ml, usar como indicador.
- ✓ Nitrato de aluminio Al(NO₃)₃ al 0.9 %.

2.9.1. Procedimiento de molibdeno gravimétrico

▪ Pesado

- Elaborar en la data del programa lims el batch para análisis de molibdeno, al guardar los datos ingresados se genera un código único. Luego se imprime la hoja de trabajo.

- Se verifica limpieza y condiciones de la balanza. Se procede a pesar 0.5 g del material en la muestra de concentrado de Mo, previamente tarada la balanza.
- Los vasos de 400 ml. serán codificados según indique la hoja de trabajo. Los pesos son registrados en el Sistema *lims*.

Figura 16

Vasos codificados con muestra de concentrado molibdeno



▪ Digestión o ataque químico:

- Poner los vasos en la campana de extracción, luego añadir 20 ml. de ácido nítrico y cubrir con una luna de reloj. Colocar en una plancha de ataque a una temperatura de 110 ± 20 °C y dejar digerir hasta que el volumen se reduzca a unos 10 ml. o hasta que la muestra adquiriera un color plomizo blanquecino.

Figura 17

Digestión de muestras de concentrado molibdeno



- Agregar alrededor de 1 gramo de clorato de potasio (KClO_4) y calentar en la plancha a una temperatura moderada que no exceda los $110\text{ }^\circ\text{C}$. Mantener tapado con una luna de reloj hasta que desaparezcan los humos y cambie a un color blanquecino, luego destapar y continuar calentando hasta que se seque. Dejar enfriar.

Figura 18

Concentrado de molibdeno digerido a sequedad



▪ **Retomado**

- Limpiar las superficies internas del recipiente y añadir 10 ml. de ácido clorhídrico. Calentar hasta que la mezcla hierva y las sales se disuelvan por completo, luego retirar del fuego y dejar enfriar .
- Agregar 15 ml. de hidróxido de amonio (NH_4OH) y que hierva a temperatura no mayor a $200^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 2 minutos).

Figura 19

Retomado de concentrado molibdeno

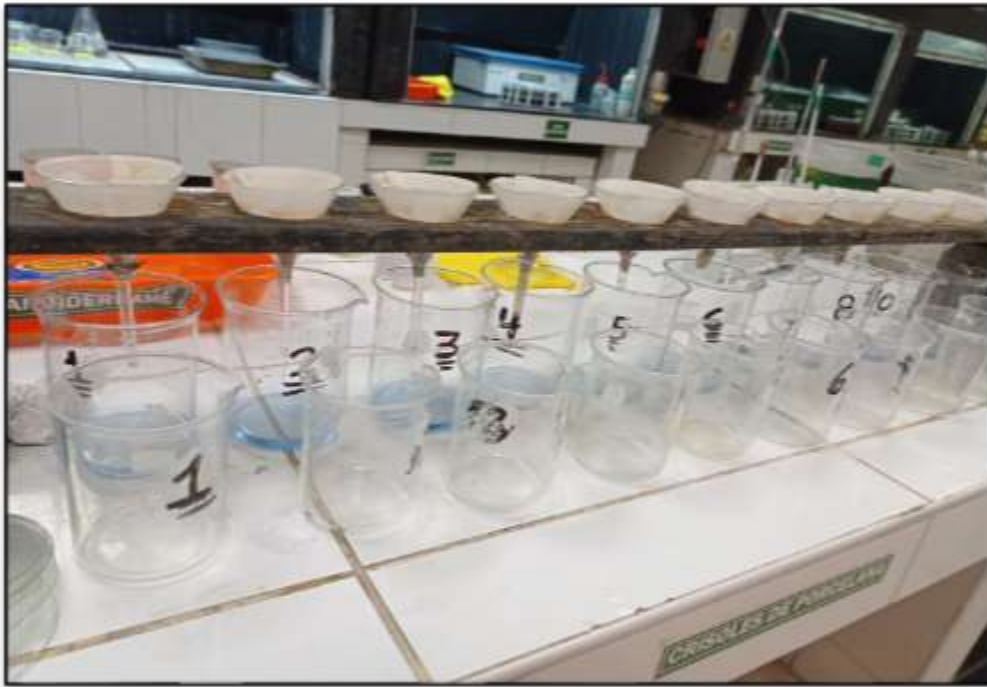


▪ **Primera filtración**

- Colar en un filtro de papel ANOIA N° 1246 o similar en un embudo y verter la solución filtrada en vaso de 600 ml, enjuagar de 3 a 4 veces con aprox. 100 ml. de agua caliente.
- Colocar de nuevo el residuo sólido en el recipiente inicial (manteniendo el papel de filtro en el embudo).
- Añadir 10 ml. de HCl al vaso original, calentarlo y enfriarlo.
- Reproducir la parte de retomado nuevamente
- Colar la solución N°1 en el mismo papel filtro, posteriormente lavarla con alrededor de 200 ml de agua caliente.

Figura 20

Filtrado de solución de molibdeno y retención de hierro precipitado



- Disolver el sólido con 25 ml HCL Q.P. en una fiola de 100 ml, realizar una limpieza y aforar con nitrato de aluminio al 0.9%. Posteriormente, enviar a análisis por Absorción Atómica y notificar la presencia de molibdeno residual .

Figura 21

Disgregación de precipitado para molibdeno residual



▪ **Acondicionamiento**

- Incorporar entre 2 y 3 gotas de la solución de Metilo anaranjado a la solución N°1, y luego añadir HCl al 25 % gradualmente hasta que la mezcla adquiera un tono rosado suave.

Figura 22

Solución filtrada de molibdeno con indicador



- Incorporar 80 ml. de la solución de Acetato de Amonio al 28 % y 10 ml. de ácido acético (CH_3COOH), posteriormente, limpiar las paredes del recipiente .
- Llevar los vasos con tapa a temperatura hasta que hierva.

Figura 23

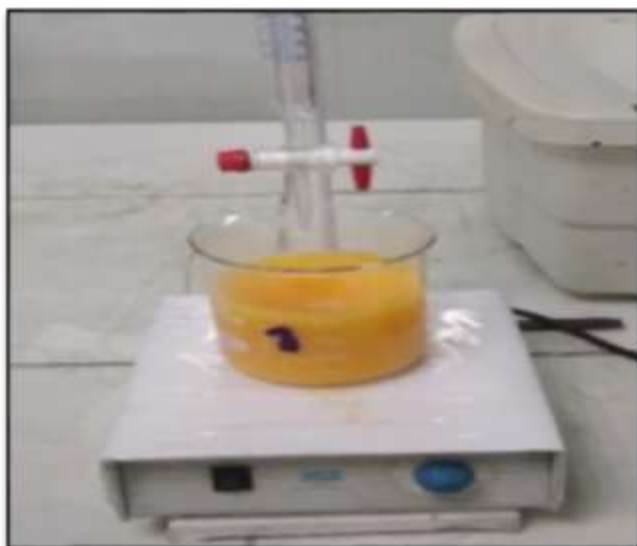
Solución de molibdeno llevado a temperatura



- Agregar en caliente 57 ml. de acetato de plomo para precipitar el molibdeno como Molibdato de Plomo (usar bureta de 100 ml), que la solución este en agitación constante por 1 min. en el agitador magnético, regular la velocidad de goteo para que sea constante.
- Reposar la solución con el precipitado por 5 horas como mínimo.

Figura 24

Acondicionamiento final para precipitar el molibdeno



▪ **Segundo filtrado**

- Pasar la mezcla a través de un filtro de papel ANOIA # 1246 o similar. Limpiar las paredes del recipiente y agitar el sólido con una bagueta de punta goma, después lavar el sólido al menos 5 veces con agua caliente .

Figura 25

Filtrado del molibdeno precipitado



▪ **Calcinación**

- En un crisol de porcelana resistente al calor con un peso ya determinado y anotado (P1), colocar el papel de filtro; luego someterlo a un proceso de calcinación a una temperatura de 550-600 °C durante aproximadamente 3 horas. Retirar la muestra y colocarla en un desecador para enfriar .
- Procedemos a pesar el crisol de porcelana con la muestra seca (P2), y a continuación se registra el peso en el LIMS.

Figura 26
Calcinación



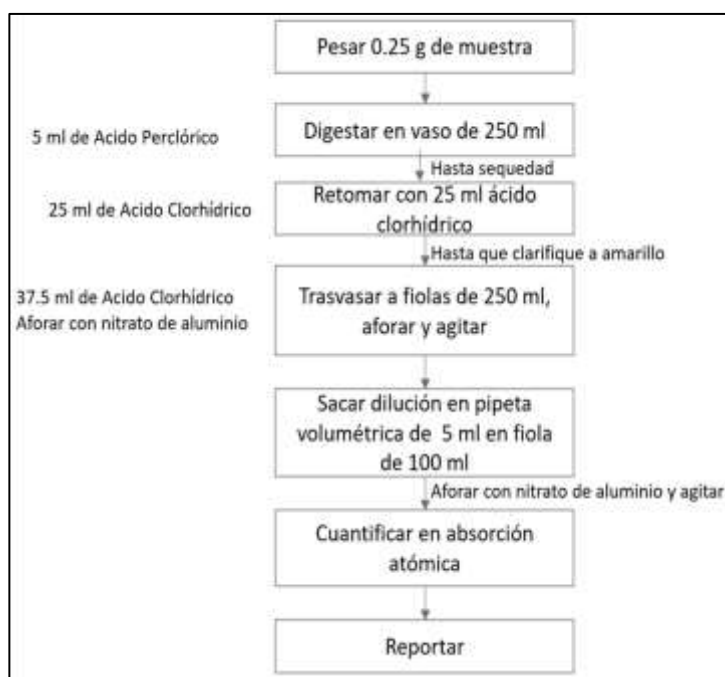
▪ **Control de resultados**

- Realizar pruebas simultáneas utilizando materiales de referencia certificados y/o Internos en cada lote de muestras analizadas, asegurándose de que sigan las mismas condiciones de operación, con el objetivo de confirmar la precisión de los resultados del ensayo.
- Llevar a cabo el proceso por parte de profesionales con la autorización y capacitación necesaria para dar la validez de los resultados y detectar posibles desviaciones en el proceso.

2.9.2. Método de análisis por absorción atómica

Figura 27

Diagrama de flujo de ataque químico y absorción atómica



▪ Pesado

- Crear código de las muestras según indique la hoja de trabajo, los pesos son registrados en el *Lims*.
- Enumerar los vasos en donde se verterá la muestra.
- El peso es 0.25 g de muestra en vasos de 250 ml.

▪ Ataque químico o digestión

- Agregar 4 ml. de ácido perclórico, lavando paredes.

- Colocar una luna de reloj como Tapa.
- Llevar a la plancha a 230 °C como máximo hasta que esté en sequedad.
- Dejar enfriar una vez esté seco la muestra por 1 min.
- **Retomado y trasvase**
 - Agregar 25 ml. de ácido clorhídrico Q.P. para el retomado.
 - Llevar a plancha de ataque a 230 °C hasta que clarifique a un color amarillento.
 - Quitar de la plancha y dejar que se enfríe.
 - Para trasvase de solución usar un embudo de vidrio y en una fiola de 250 ml verterlo, agregar 37.5 ml de ácido clorhídrico Q.P. para el medio al 25 % y aforar con nitrato de aluminio $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ al 0.9%, tapar, agitar y homogenizar.
- **Dilución**
 - Sacar con una pipeta volumétrica de 5 ml una alícuota y verterlo en una fiola de 100 ml.
 - En la fiola de 100 ml agregar 25 ml de HCL Q.P. para el medio al 25 % y aforar con nitrato de aluminio 0,9%, tapar, agitar y homogenizar, llevar a absorción atómica.
 - Los elementos serán cuantificados en absorción atómica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Expresión de resultados para molibdeno gravimétrico

Cálculos usando la fórmula [5]

$$\%Mo = \frac{(P2 - P1) \times 0.2613 \times 100}{W \times (1 - \% \text{ de aceite})} + \% Mo \text{ Res. (AAS)}$$

Donde:

W = peso muestra (g)

P1 = peso crisol (g)

P2 = peso crisol + muestra calcinada (g)

0.2613 = factor de gravimetría (Mo/PbMoO₄)

% Mo Res. (AAS) = Residual leído por absorción atómica

Tabla 3*Resultados de % molibdeno por gravimetría*

CÓDIGO MUESTRA	W MUESTRA	W CRISOL VACÍO	W CRISOL +W MUESTRA	% ACEITE	%MO RESIDUAL	%MO
Dmo-1454	0.5	21.551	22.4649	0.002	0.2232	48.079
Dmo-1454	0.5	22.677	23.5912	0.002	0.2313	48.103
Dmo-1454	0.5	20.6552	21.5692	0.002	0.2215	48.083
Dmo-1459	0.5	20.4563	21.3978	0.002	0.1823	49.484
Dmo-1459	0.5	21.5718	22.5121	0.002	0.2354	49.474
Dmo-1459	0.5	20.8456	21.7857	0.002	0.2413	49.469
Dmo-1462	0.5	22.677	23.5245	0.002	0.2232	44.602
Dmo-1462	0.5	20.6552	21.5029	0.002	0.2113	44.601
Dmo-1462	0.5	20.4563	21.3042	0.002	0.2128	44.613
Dmo-1467	0.5	20.8456	21.7525	0.002	0.1923	47.682
Dmo-1467	0.5	22.677	23.5839	0.002	0.2015	47.691
Dmo-1467	0.5	22.677	23.5832	0.002	0.2085	47.661

4.2. Expresión de resultados para molibdeno por absorción atómica

Cálculos usando la fórmula [6]

$$\%M = \frac{\text{lectura} \times V \times F}{W_{\text{muestra}}} \times 10000$$

Donde:

%M = Determinación del elemento en %

Lectura = Valor (ppm)

W = peso muestra (g)

V = Volumen de aforo (ml)

F = Factor de la dilución (V.aforo/V.alicuota)

Tabla 04

Resultados de % molibdeno por absorción atómica.

Tabla 4

Resultados de % molibdeno por absorción atómica

CÓDIGO MUESTRA	LECTURA PPM	MÉTODO ABSORCIÓN ATÓMICA
Dmo-1454	491723.3	49.172
Dmo-1454	488231.4	48.823
Dmo-1454	479091.6	47.909
Dmo-1459	495426.9	49.543
Dmo-1459	482389.6	48.239
Dmo-1459	501203.8	50.120
Dmo-1462	450273.1	45.027
Dmo-1462	441028.8	44.103
Dmo-1462	448988.5	44.899
Dmo-1467	468888.7	46.889
Dmo-1467	470020.7	47.002
Dmo-1467	481744.2	48.174

Nota: Datos obtenidos de la lectura por absorción atómica para saber la ley de molibdeno en ppm, armando la curva con 2, 5, 10, 20 y 40 ppm para que el equipo de absorción determine las leyes dentro de esos márgenes.

4.3. Comparación de resultados:

Tabla 05

Resultados comparativos de % molibdeno por gravimetría y absorción atómica

Tabla 5

Resultados comparativos de % molibdeno por gravimetría y absorción atómica

CÓDIGO MUESTRA	MÉTODO GRAVIMÉTRICO	MÉTODO ABSORCIÓN ATÓMICA
Dmo-1454	48.079	49.172
Dmo-1454	48.103	48.823
Dmo-1454	48.083	47.909
Dmo-1459	49.484	49.543
Dmo-1459	49.474	48.239
Dmo-1459	49.469	50.120
Dmo-1462	44.602	45.027
Dmo-1462	44.601	44.103
Dmo-1462	44.613	44.899
Dmo-1467	47.682	46.889
Dmo-1467	47.691	47.002
Dmo-1467	47.661	48.174

Nota: cuadro comparativo de % de molibdeno, los resultados de las mismas muestras tanto como método gravimétrico y AAS.

CONCLUSIONES

1. Se pudo desarrollar el análisis de molibdeno en las diferentes muestras por gravimetría y por Espectroscopia de Absorción Atómica, encontrándose diferencias significativas en cálculos de porcentaje al momento de analizar.
2. Al hacer una comparación entre los resultados de Gravimetría y Absorción Atómica, determinamos que el proceso de análisis por Gravimetría tiene mayor exactitud, pero el tiempo es mucho mayor para el análisis de resultado.
3. Se puede inferir que la calidad de resultados, incluyendo los duplicados que son los controles internos que se realizan en todos los procesos tienen mayor confiabilidad en gravimetría a diferencia de absorción atómica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al momento de realizar el pesado de las muestras hacer limpieza para cada muestra pesada, tener el área ordenado y limpio para que no se contamine con otro mineral las muestras.
2. Al momento de la digestión se recomienda ver que el material esté óptimo y tener cuidado con no proyectar la muestra para evitar pérdidas, seguir el procedimiento con las respectivas temperaturas.
3. Se recomienda en el proceso gravimétrico, que al momento del acondicionamiento se tenga sumo cuidado con los insumos y no provocar salpicaduras para evitar pérdidas para el cálculo final de molibdeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro D, J.A (2015). “Aplicación de la técnica de encuarte por filtración en métodos gravimétrico y absorción atómica en ensaye de oro en el Laboratorio Químico de la empresa administradora Chungar S.A.C”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1008/Castro%20Dami%C3%A1n%2C%20Jos%C3%A9%20Abraham.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Condori V, J.I & Paco Y, A.R (2019). Implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad en ensayos por vía seca, para mejorar la confiabilidad de resultados de laboratorio químico de minerales. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín] <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10507/IQpayaar%26covaji.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hilari H, J.L (2018). Análisis y desarrollo del laboratorio químico - metalúrgico en la planta Golden Valley S.A. Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín] <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8000/IMhijl.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Marjorie C, C.C (2019). "Evaluación del método gravimétrico y su validación respecto al de absorción atómica en la determinación de molibdeno" [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín]
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/878715a8-bf71-4890-b31c-291d46dcb53e>

Risopatron L. y Saldarriaga M.A. (2013). El Molibdeno desarrollos recientes y potencial de crecimiento. Revista de la moneda 29-33. BCRP Perú. Consultado el 15 de mayo de 2024.
<https://ideas.repec.org/a/rbp/moneda/moneda-154-06.html>

Blago R. (2022). Espectroscopia de absorción atómica. Consultado el 15 de mayo de 2024. <https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm>

McCarthy, G.J. Espectroscopia de absorción atómica (AA). Consultado el 15 de mayo de 2024.
[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_\(AA\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_(AA))

Ley de bouguer-lambert-beer. Consultado el 15 de mayo de 2024.
<https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/L.-Ley-de-Bouguer-Lambert-Beer-0.pdf>

ANEXOS

Tabla 6
Ganancia de lámparas AAS

Element Symbol	Hollow Cathode Lamp	SpectrAA50/55/110/22 o Series &AA280 (Flame) Instruments %Gain	SpectrAA 880 (Flame) Instruments EHT Volts	Limits %Gain	
Ag	Silver	34	231	24	44
Al	Aluminium	25	221	15	35
As	Arsenic	70	284	60	80
Au	Gold	49	285	39	59
Ba	Barium	32	235	22	42
Ca	Calcium	25	225	15	35
Cd	Cadmium	57	283	47	67
Co	Cobalt	51	331	41	61
Cr	Chromium	42	259	31	52
Cu	Copper	50	255	35	65
Fe	Iron	75	365	65	85
K	Potassium	62	279	52	72
Li	Lithium	24		14	34
Mg	Magnesium	23	205	13	33
Mn	Manganese	51	307	41	61
Mo	Molybdenum	40	279	30	50
Na	Sodium	35	223	25	45
Ni	Nickel		389	-10	10
Pb	Lead	46	296	36	56
Sb	Antimony	64	382	54	74
Se	Selenium	46	304	36	56
Sn	Tin	61	373	51	71
Zn	Zinc	34	270	24	44

Nota: SGS-PETS-LQ-21.

Tabla 7*Medio de soluciones estándar - Absorción atómica - flama*

N°	ELEMENTO	MEDIO
1	Au	25% HCl
2	Ag	25% HCl
3	Cu	25% HCl
4	Fe	25% HCl
5	As	25% HCl
6	Pb	25% HCl
7	Cu	2% NaCN +0.1% NaOH
8	Cu	1% H ₂ SO ₄
9	Mo	25% HCL +Al(NO ₃) ₃ 9H ₂ O al 0.05%

*Nota: SGS-PETS-LQ-24.***Tabla 8***Curvas de calibración*

Elemento	Curva(ppm)	Matriz del QC	QC	Nombre de la curva de calibración
Cu	0-2-5-10-20-40	25% HCl	BVIP-87	Cu1-HCl
Cu	0-10-20-50-100	25% HCl	BVIP-88	Cu2-HCl
Cu	0-1-2-5-10	1% H ₂ SO ₄	5	Cu1-H ₂ SO ₄
Cu	0-5-10-20-40	1% H ₂ SO ₄	20	Cu2- H ₂ SO ₄
Cu	0-2-5-10-20	2% NaCN	10	Cu1-NaCN
Cu	0-5-10-20-50	2% NaCN	20	Cu1-NaCN
Fe	0-5-10-20-40	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Fe1-HCl
Fe	0-20-50-100-200	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Fe2-HCl
Pb	0-2-5-10-20-40	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Pb1-HCl
Zn	0-1-2-5-10-20	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Zn1-HCl
Zn	0-2-5-10-20-40	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Zn2-HCl
Ag	0-0.25-0.5-1-2	25% HCl	BVIP-87 / BVIP-88	Ag1-HCl
Au	0-0.5-1-2-5	25% HCl	OXA 147	Au1-HCl
Au	0-1-2-5-10	25% HCl	EPIT 05	Au2-HCl
Au	0-5-10-20-30	25% HCl	EPIT 22	Au3-HCl
As	0-1-2-5	25% HCl	2	As1-HCl
As	0-1-2-5-10	25% HCl	3	As1-HCl
Mo	0-1-2-5-10-20	25% HCl + Al(NO ₃) ₃ 9H ₂ O al 0.9%	BVIP-87 / BVIP-88	Mo1-HCl
Mo	0-5-10-20-50	25% HCL + Al(NO ₃) ₃ 9H ₂ O al 0.9%	BVIP-87 / BVIP-88	Mo2-HCl

Nota: SGS-PETS-LQ-16