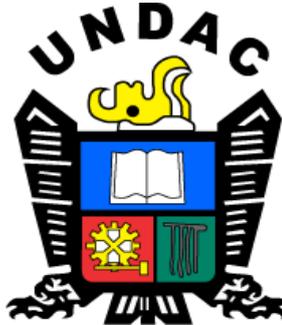


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Tratamiento del mineral de cobre arsenical con el fin de obtener
concentrado de cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín -**

2021

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Edinson Ruben REYES HUARICAPCHA

Asesor:

Mg. Osmer Ignacio BLANCO CAMPOS

Cerro de Pasco - Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Tratamiento del mineral de cobre arsenical con el fin de obtener
concentrado de cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín -**

2021

Sustentada y aprobada ante los miembros de jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. José Elí CASTILLO MONTALVÁN
MIEMBRO

Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por la fe en mi actividad personal A mis
padres que son la razón de mi existencia.

AGRADECIMIENTO

Mediante el presente trabajo de investigación llamado expreso mis sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me apoyaron en hacer realidad el sueño ansiado de ser un profesional, agradeciendo a la gerencia general, trabajadores de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. por la aceptación de realizar la investigación del mineral cobre arsenical, a mis padres mis agradecimientos por su fe y confianza en mi persona. A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Pasco por compartir sus sapiencia y amistad.

RESUMEN

En el mundo de la minería nos encontramos con una gran dificultad, lo que hace que un metalurgista esté en constante investigación ya que se presentan diversidad de minerales complejos ya sea como sulfuros, óxidos, refractarios, etc. uno de esas dificultades ha sido tratar el mineral de cobre arsenical, ya que el arsénico presente en el concentrado es penalizado o económicamente al momento de su comercialización.

El trabajo desarrollado en las instalaciones de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. ha sido fructífero, ya que se contó con los equipos necesarios para la conminución, flotación y análisis químico y para el tratamiento de datos se ha contado con una computadora.

De acuerdo al objetivo planteado determinar el tratamiento del mineral de cobre arsenical que se pueda realizar con el fin de obtener cobre, se ha logrado hacer el tratamiento con el tamaño de partículas menores a 53 micrones, un pH de 10,5, un porcentaje de sólidos equivalente al 22 % un tiempo de acondicionamiento de 15 minutos para el rougher y de 4 minutos para el cleaner, una mezcla de reactivos depresores se obtuvo un aproximado del 85 % de recuperación de cobre exento de arsénico. El tipo de investigación realizada fue experimental, con el método de investigación aplicada, cuantitativa y el diseño aplicado fue explicativa.

Palabras clave: Tratamiento del mineral de cobre arsenical, obtención de concentrado de cobre

ABSTRACT

In the world of mining we find ourselves with great difficulty, which means that a metallurgist is in constant research, since there is a diversity of complex minerals, whether in sulfides, oxides, refractories, etc. One of those difficulties has been treating the arsenical copper ore, since the arsenic present in the concentrate leads to penalties at the time of its commercialization.

The work carried out at the facilities of Empresa Minera Perú Sol S.A.C. It has been fruitful since the necessary equipment for comminution, flotation and chemical analysis has been available, and a computer has been available for data processing,

According to the proposed objective, to determine the treatment of arsenical copper ore that can be carried out in order to obtain copper, it has been possible to do the treatment with the size of particles smaller than 53 microns, a pH of 10,5; a percentage of solids equivalent to 22 %, a conditioning time of 15 minutes for the rougher and 4 minutes for the cleaner, a mixture of depressant reagents, an approximate 85 % recovery of arsenic-free copper was obtained. The type of research carried out was experimental, with the applied, quantitative research method and the applied design was explanatory.

Keyword: Treatment of arsenical copper ore, obtaining copper concentrate

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de minerales complejos nos conlleva a realizar revisiones bibliográficas, informes, estudios prácticos para poder determinar un tratamiento adecuado de acuerdo al mercado, al referirnos de minerales complejos nos estamos refiriendo a minerales sulfurados con altos contenidos de antimonio, arsénico, así como también a minerales oxidados que arrastran al azufre, antimonio, arsénico.

El mineral de cobre que posiblemente sea la enargita que es un tipo de mineral del grupo de los sulfuros y dentro de estos está el subgrupo de la estannita que químicamente es un sulfuro de cobre arsénico, que presenta un color negro, de hábito masivo, a veces se presenta en forma alargada y rayada, el mineral que se ha investigado está asociado al hierro que presenta un color oscuro y en el análisis químico de cabeza reporta un 3 % de arsénico lo cual lo hemos denominado cobre arsenical. Para mayor entendimiento del trabajo de investigación presentado como tesis presenta la estructura que propone nuestra Alma Mater que consta de:

Capítulo I. Problema de Investigación: Identificación y determinación del problema, Formulación del problema, Formulación de objetivos, Justificación de la investigación, limitaciones de la investigación.

Capítulo II. Marco Teórico: Antecedentes de estudio, Bases teóricas – científicas, Definición de términos básicos, formulación de hipótesis, Identificación de variables, Definición operacional de variables e indicadores.

Capítulo III. Metodología y técnicas de Investigación: Tipo de investigación, Métodos de investigación, Diseño de investigación, Población y muestra, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, Tratamiento estadístico, Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, Orientación ética. Capítulo IV. Resultados y Discusión: Descripción del

trabajo de campo, Presentación, análisis e interpretación de resultados, Prueba de hipótesis, Discusión de resultados. Las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Formulación de objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Justificación de la investigación.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases teóricas – Científicas.....	8

2.3.	Definición de términos básicos	18
2.4.	Formulación de hipótesis	20
2.4.1.	Hipótesis general.....	20
2.4.2.	Hipótesis específica	20
2.5.	Identificación de variables	20
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Nivel de investigación	22
3.3.	Métodos de investigación.....	23
3.4.	Diseño de investigación.....	23
3.5.	Población y muestra	23
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	29
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	29
3.9.	Tratamiento estadístico	29
3.10.	Orientación ética	30

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	31
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	32
4.3.	Prueba de hipótesis	44
4.4.	Discusión de resultados	47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Los minerales de cobre arsenical están presentes dentro de los minerales polimetálicos que abundan en la veta de la Empresa Minera Perú Sol, tienen presencia del hierro dentro de la mineralización de cobre y hace que éste se haga complejos su tratamiento, por lo que es necesario revisar su comportamiento en la flotación por espumas mediante el proceso diferencial. En el tratamiento de minerales encontramos algunos que son dóciles a la flotación y otros minerales son complejos que tienen una flotación complicada por una serie de factores, que al investigar, son los más difíciles en el tratamiento, sin embargo, hay minerales que presentan una activación natural como los minerales nativos y algunos minerales no metálicos como el carbón, como consecuencia de la presencia de iones metálicos de diferentes metales y no metales como el arsénico, principalmente que está presente en los sulfuros como en los óxidos de cobre. Los minerales de cobre, plomo y zinc con cantidades de alto porcentaje de plata y hierro, con seguridad tiene presencia de arsénico, por este motivo este tipo de mineralización presenta

dificultad durante la flotación selectiva por la presencia de los sulfosales, la calidad y la eficiencia de separación de los concentrados dificultan el proceso de flotación en el rougher y en las etapas de limpieza.

En nuestro proyecto de investigación trataremos de recuperar el cobre de un mineral que es cobre arsenical mediante la flotación por espumas teniendo en cuenta la conminución del mineral, la dosificación de reactivos depresores el control de pH.

1.2. Delimitación de la investigación

Los minerales polimetálicos que están presente en las zonas mineralizadas de Junín presentan minerales de cobre con contenidos de hierro y arsénico, estos minerales son conocidos como chalcopirita, la finalidad de este proyecto de investigación es el tratamiento de los minerales de cobre arsenical. Al referirnos al tratamiento va desde la conminución, flotación por espumas para obtener concentrado de cobre y que pueda ser comercializado.

1.2.1. Delimitación geográfica

El proyecto de investigación se va a desarrollar en las instalaciones de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. que está ubicada en el distrito de Huari, La Oroya - Junín, en los ambientes del laboratorio químico – metalúrgico. Los minerales obtenidos en la planta han sido reportados por el departamento de geología quienes hacen la exploración de los minerales existentes en la mina.

1.2.2. Delimitación de la población

La Empresa Minera Perú Sol S.A.C. trata minerales por campaña lo que significa tratar minerales de diversas empresas mineras que viene extrayendo de sus reservas probadas y probables que son explotadas ahí encontramos los minerales de cobre arsenical.

1.2.3. Delimitación tiempo

El proyecto de investigación se va a llevar a cabo en un tiempo de seis meses, que se inicia en 2 de julio del 2021 hasta el 31 de diciembre del 2021. Para llevar a cabo la investigación se hizo un cronograma de actividades tomando en cuenta el interés que se tiene en concentrar el cobre.

1.3. Formulación del problema

El tratamiento de diversos tipos de minerales que se hace en la planta de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. (que se realiza por campañas) y los avances tecnológicos que se están dando actualmente en la planta concentradora con técnicas reciente de conminución la adición de reactivos y flotación diferencial en el procesamiento de minerales hace que los minerales de cobre arsenical sea estudiada, esto es debido a los cambios de mineralización en el yacimiento y tomando en cuenta a la mena principal del yacimiento de cada empresa minera, hace que la recuperación y su calidad de sus concentrados sean aceptables en el mercado y minimizar las penalidades por alto contenido de arsénico en el concentrado de cobre. En la actualidad se presenta minerales sulfurados de cobre con presencia de arsénico con buena ley de plata, que determina el tratamiento del mineral para ello se tendrá que hacer diversas pruebas a nivel de laboratorio para la recuperación del cobre, en el ámbito de las empresas mineras siempre se presentan problemas con mayores frecuencias por sobre los procesos de flotación, es por ello, que es importante mejorar el tratamiento para alcanzar la efectividad del concentrado. Sin embargo, se han obtenido resultados deficientes a consecuencias como la deficiente recuperación del metal de interés y el mal uso de los equipos, los cuales están sujetos a pérdida.

1.3.1. Problema general

¿Qué tratamiento del mineral de cobre arsenical se pueda realizar con el fin de obtener cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín?

1.3.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuál será el grado de molienda primaria para seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido?

PE2: ¿Cuál será el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación para la recuperación del concentrado de cobre?

PE3: ¿Cuál será el pH en el rougher y cleaner en la recuperación del concentrado de cobre?

PE4: ¿Cuál será la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa para la recuperación del concentrado de cobre?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el tratamiento del mineral de cobre arsenical que se pueda realizar con el fin de obtener cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín

1.4.2. Objetivos específicos

OE1: Evaluar el grado de molienda primaria para seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido.

OE2: Evaluar el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación para la recuperación del concentrado de cobre.

OE3: Evaluar el pH en el rougher y cleaner en la recuperación del concentrado de cobre.

OE4: Evaluar la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa para la recuperación del concentrado de cobre.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

El proyecto de tesis plantea una investigación práctica a nivel de laboratorio en el que se puede demostrar que un tratamiento metalúrgico del mineral cobre arsenical si es factible para obtener el concentrado de cobre con pequeñas cantidades de arsénico, estos tipos de minerales que contiene el mineral de hierro se hace complejo, por lo que se tiene que profundizar el marco teórico para la recuperación del concentrado de cobre.

1.5.2. Justificación practica

El trabajo que se plantea nos conlleva a desarrollar investigaciones a nivel Bach en el laboratorio químico - metalúrgico, con el fin de encontrar el tamaño apropiado de la partícula de mayor área superficial en la conminución, el pH que se requiere en la flotación rougher y cleaner para la recuperación del concentrado de cobre, el porcentaje de sólidos en la flotación, y la dosificación de depresores de hierro, en el tratamiento del mineral cobre arsenical.

1.5.3. Justificación metodologica

La metodología que se adapta es la aplicada y cuantitativa, porque se relaciona con el trabajo practico en el laboratorio con la finalidad de recuperar el concentrado de cobre de un mineral polimetálico entre ellos el cobre arsenical. El tipo de investigación planteada sería la experimental por desarrollarse a nivel de laboratorio y el diseño podría sustentarse en la explicación.

1.6. Limitaciones de la investigación

El proceso de investigación que se va a desarrollar presenta como limitaciones el marco teórico, la bibliografía es escasa en el mundo de la minería, debido a que nuestro país presenta minerales polimetálicos, la otra limitación que

se tiene es el laboratorio químico metalúrgico donde se cuenta con equipos precarios, en el que tenemos que adecuarnos para el tratamiento de los minerales con los equipos a nivel de laboratorio, con un poco de pericia se puede obtener buenos resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. A nivel internacional

Mayorca Baldoceca Eduardo Jesús, (et. al.), (2018) en su trabajo de investigación “Depresión del arsénico en la flotación selectiva de los minerales de cobre enargítico a nivel laboratorio” presenta como objetivo mejorar la depresión del arsénico en la flotación del cobre partiendo de minerales enargíticos de cobre y reducir en la valorización de los concentrados los altos costos por penalidades por que los concentrados de cobre que tienen alto contenido de arsénico y que los fundidores de concentrados cobran. Así mismo dan a conocer los materiales y métodos utilizados: mineral sulfurado de cobre enargítico del yacimiento Colquijirca, combinación de reactivos como el promotor AEROPHINE 3418 A y Xantato Z-11, colectores, depresores, activadores, modificadores del pH, espumantes. El tipo de investigación es experimental el método de investigación es aplicativo y correlacional. El diseño empleado es Causa – efecto. Se utilizó el método científico, dando a conocer la estrategia que aplican para la evaluación de

la depresión del arsénico de la enargita, han tenido en cuenta que se ha mejorado el grado de concentrado y recuperación en la flotación selectiva de los minerales de cobre enargítico. Como resultado dicen que las pruebas N° 5, 6, 7 en promedio se reporta un grado de concentrado de 12,6 % de Cu y una recuperación de 90,44% Cu con 5,02 % de As en el primer banco de limpieza. Un grado de concentrado de 15,46 % de Cu con una recuperación de 84,15 % Cu con 5,90 % de As en el segundo banco de limpieza. Del Índice metalúrgico que relaciona la calidad de concentración en las pruebas experimentales de los concentrados de Cobre: Grado Concentrado – Recuperación se reporta un mejor resultado de 18,04 % Cu en la calidad de concentrado y 81,44 % de recuperación en el segundo banco de limpieza (prueba N° 5), Razón de enriquecimiento que se reporta es un resultado aceptable de 7,84 en el segundo banco de limpieza (prueba N°5), el índice de selectividad que reporta considerable valor de 2,58, 2,64, 2,99 en el segundo bando de limpieza (pruebas N°5, N°6, N°7 respectivamente). Finalmente, la prueba N°5 fija las condiciones operativas óptimas y la valorización del concentrado de cobre en base a esta prueba es de 840 \$/t.

2.2. Bases teóricas – Científicas

2.2.1. Conminución

La conminución es la reducción de tamaño de un material de dimensiones de grandes dimensiones a un tamaño de partícula inclusive más pequeño, mediante la trituración, chancado, molienda y una clasificación para evitar el retorno innecesario del material esto se realiza sin importar el mecanismo de fractura que está involucrado.

Según Magín Torres L., metalurgista senior Compañía Minera Vizcachitas Holding y académico del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad

de Chile. Manifiesta que, en la minería metálica y no metálica, los procesos de conminución corresponden en primera instancia a la operación unitaria del proceso minero y tiene como funciones: liberar a las especies de interés económico para su concentración, aumento del área superficial de la partícula mineralizada para favorecer la reacción química y se pueda obtener una granulometría del producto en forma adecuada. Los equipos principales de conminución empleado en la actualidad son las chancadoras, los rodillos de alta presión, los molinos SAG, los molinos de bolas y los molinos verticales.

Si hemos mencionado que el campo de acción del proceso de reducción de tamaño en procesamiento de minerales es muy amplio, podemos enfocar principalmente en el proceso de concentración de sulfuros de cobre por flotación diferencial. Podemos considerar al momento de seleccionar el proceso de conminución a lo siguiente:

- Menor consumo de energía. El proceso de conminución consume en el orden de 40% a 60% de la energía total de operación y concentran una mayor parte del costo de proceso. Esto resulta aún más relevante en la medida de que el proceso está siendo automatizado, también requiere de mayor consumo de agua en el proceso de concentración con el objetivo de diluir a la pulpa para su clasificación de partículas de valor económico.
- La distribución de tamaños de la especie de valor económico. La selección de la tecnología de reducción de tamaño que debe generar una curva del producto que permita liberar y recuperar las especies mineralizada maximizando el valor de la venta.

Conocer cómo se fracturarán los minerales bajo diversos mecanismos de ruptura, para mejorar el rendimiento global de la operación y cuantificar sus efectos en los procesos continuos.

a) Energía versus tamaño

En el Siglo XVI los investigadores se han enfocado en relacionar la energía versus tamaño, donde el trabajo más importante fue realizado por Fred Bond. Logro grandes avances. A inicios del Siglo XX había numerosos fabricantes de molinos que tomaban en cuenta sus rendimientos basados en criterios de expertos, cuestionarios propios y correlaciones sustentada en base a datos de escasa operación. Bond logró recopilar toda esta experiencia para generar una metodología y una prueba a nivel de laboratorio, que permite uniformizar el dimensionamiento de los equipos y que está vigente hasta nuestros días.

El desarrollo de la ciencia de datos les permitió replicar el método de Bond, utilizando grandes bancos de datos y análisis para construir aplicaciones que nos ayuda a tomar decisiones supervisadas en el control del proceso, y para estimar el rendimiento de la operación en el proceso de planificación de la producción.

La información histórica no es suficiente para predecir el rendimiento de la operación. Es muy necesario conocer el comportamiento del mineral en los mecanismos de la fractura principal (el impacto, la compresión y la abrasión) que gobierna cada proceso, además de la energía que se requiere para reducir el tamaño. asimismo, existe pruebas de laboratorio que logra emular el comportamiento del material bajo condiciones, pero sólo es válida cuando el material es representativo de un trabajo geológico y de un plan minero. El departamento de geología es importante en la caracterización litológica. Al ser

estas una roca de composición y tamaño heterogénea, conocer la proporción y tamaño clasto/matriz es importante para diseñar y predecir el comportamiento en las etapas de conminución gruesas y de bajo impacto.

b) Tamaño de equipo y partículas

Conocer cómo se fracturan los minerales, conociendo la teórica nos permite construir modelos que nos permiten predecir las curvas de distribución de tamaño por cada proceso. En la actualidad estamos enfrentados a yacimientos de minerales de baja ley que nos llevan a seleccionar equipos cada vez más grandes para lograr tamaños más finos. Utilizar equipos de mayor tamaño necesita de una actualización continua de modelos y simuladores que nos permite incluir estos efectos de escalamiento ante los mecanismos de fractura. El trabajo realizado por Bond es más ventajoso reducir de tamaño a las partículas más grandes, la eficiencia energética estará en disminuir el tamaño de partículas en la etapa de tronadura. Este ahorro de energía es mayor si consideramos aumentar el tamaño del producto de molienda.

El efecto de la partícula gruesa en la flotación es conocido, en la actualidad existen trabajos que llevan una larga historia operando a P80 mayores que el promedio (+240 micras) como Morenci, Andina y Chuquicamata; el avance en la tecnología de flotación de partículas “gruesas” (800 micras). Aparte de la ventaja del punto de vista energético, operar a P80 gruesos favorece las tasas de sedimentación en los espesadores de relaves, mejora la calidad de las arenas del muro de los tranques convencionales y a aumenta las tasas de filtrado de relaves. La actual crisis hídrica, además de los costos de impulsión y tratamiento de aguas para el proceso, nos lleva a migrar hacia estas tecnologías o estrategias operacionales que mejoren el uso de este recurso.

El moler más grueso las partículas nos obliga a buscar otra estrategia de los equipos de clasificación. Es sumamente importante encontrar un equilibrio entre la energía aplicada sólo a las partículas que necesitan ser fracturadas y a la cantidad de finos que se debe de recircular.

El objetivo de la conminución es liberar los minerales a tamaños de producto (1mm), para ello se prefiere utilizar tecnologías en que la abrasión sea predominante. En la actualidad los molinos verticales son un estándar en los procesos de remolienda, pero es necesario avanzar en el desarrollo de modelos matemáticos y pruebas batch que permitan realizar evaluaciones con un respaldo técnico.

La conminución no está en el tamaño grande de los equipos, está en conocer el comportamiento de las características de los minerales que son alimentados de modo que las tareas de reducción de tamaño sean repartidas de manera adecuada en función de su respuesta ante el mecanismo de fractura. Estos periodos deben ser sintonizados de manera que sus efectos aguas abajo sean beneficiosos, tanto en los consumos energéticos como en los hídricos, y de esta manera cuantificar sus efectos con el objeto de maximizar el valor del negocio.

2.2.2. Granulometría del mineral

Según el autor Castro f. Sergio. 2006. pp. 181. Manifiesta que “Se debe determinar el tamaño de partícula que presenta una mayor recuperación del mineral de valor económico, observándose, una disminución de ésta para tamaños más gruesos y más finos de la mena. La recuperación disminuye en tamaños pequeños, lo que está relacionado con la dificultad de adherencia partícula/burbuja, debido a que estas partículas no obtienen la energía cinética suficiente para producir una adhesión partícula/burbuja estable. Así mismo, las partículas pequeñas son

arrastradas fácilmente por la espuma, ya que el avenamiento a la pulpa favorece con un incremento de la velocidad de sedimentación. Es necesario mencionar que, en la etapa de flotación rougher se realiza con una granulometría de la mena que es necesaria la liberación de la partícula, en la etapa de limpieza es necesaria la selectividad de las partículas mineralizadas de valor económico, es necesario realizar una remolienda al concentrado en la etapa rougher, para la liberación de las especies valiosas de la mena. Es así que el tamaño de partícula es la variable de mayor importancia en su control, exigido a su efecto en la recuperación metalúrgica y para la selectividad del concentrado final”.

2.2.3. Flotación

La flotación es un proceso muy utilizado en la recuperación de los minerales sulfurados de cobre debido a la hidrofobicidad natural que tienen. Revisando Wikipedia encontramos que la flotación es un proceso físicoquímico donde se hace la separación de minerales que ha sido finamente molidos en varias etapas de la conminución, estas están basadas en las propiedades superficiales del mineral (llamado mojabilidad), donde un mineral o varios se queden en una fase o puedan pasar a otra fase. Las propiedades superficiales se pueden modificar a voluntad propia con el apoyo de reactivos de flotación.

El proceso de flotación está basado en las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas de los minerales. Se trata de un fenómeno de comportamiento de sólidos frente al agua.

Los principios básicos del proceso de la flotación son los siguientes:

- La propiedad hidrofóbica del mineral que le permite la adherencia de las partículas sólidas a las burbujas de aire.

- La formación de espuma al inyectar aire y que por adición del espumante se tiene espuma estable en la superficie del agua permitiendo mantener a las partículas sólidas en la superficie.

Para cumplir estos principios requerimos de la adición de reactivos químicos al sistema. Estos reactivos de flotación son: colectores, depresores, activadores y modificadores, cuya acción principal es inducir e inhibir hidrofobicidad de las partículas y darle estabilidad a la espuma formada.

Las partículas minerales con propiedad hidrofóbica tienen la capacidad de adherirse a la burbuja de aire que está presente en la pulpa, en cuanto a la propiedad hidrofílica, como la ganga, no se adhieren. La superficie hidrofóbica presenta afinidad por la fase gaseosa y repele la fase líquida, mientras que la superficie hidrofílica tiene afinidad por la fase líquida.

2.2.4. Cinética de Flotación

La cinética de flotación es la velocidad en que se realiza la flotación, podemos decir, que la diferencia del contenido metálico fino que se recupera en el concentrado está en función del tiempo, lo que rige por los modelos matemáticos que se obtiene al describir el comportamiento de la velocidad de flotación del mineral de valor económico y el cálculo de los parámetros cinéticos. (Guzmán Rivera Levi 2015. pp. 53)

2.2.5. Tiempo de Residencia

Azañero Rodríguez Joaquín José. 2002. Pp. 8, dice que “el tiempo de flotación depende de las características del mineral que se va a flotar, y de todos los factores que inciden en el proceso. El tiempo óptimo de cada etapa de flotación se determina aplicando el criterio de Agar et al. mediante pruebas cinéticas de flotación”.

2.2.6. Reactivos de flotación

Colectores aniónicos: Son los que más se usan en la flotación de minerales por su notable selectividad y su fuerte adherencia a la superficie mineral.

Colectores catiónicos: esta caracterizado por el grupo de las aminas, derivada del amonio, NH_4OH , donde los átomos de hidrógeno (H) son reemplazados por los radicales de hidrocarburos alquílicos. De acuerdo al número de hidrógeno que son reemplazados por radicales hidrocarburos que forman las aminas primarias, aminas secundarias, aminas terciarias o aminas cuaternarias, siendo las aminas primarias las más utilizadas en la flotación. El colector catiónico está constituido por aminas y derivados amínicos. se caracteriza por su fácil adsorción y desorción, como consecuencia de un mecanismo de atracción electrostático. Estos reactivos son menos selectivos que los aniónicos, pero en la flotación de cuarzo, silicato y minerales oxidados son más efectivos que los aniónicos. Tienen la ventaja de no ser sensibles a la presencia de iones extraños en la pulpa, por lo que es válida en el tratamiento con agua muy dura. asimismo, tampoco son muy sensibles a las variaciones de pH. (Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42-47).

Xantato: Son sales sódicas o potásicas del ácido xántico o xantogénico. En este grupo de reactivo tiene una gran aceptación debido a su bajo costo, su fuerte propiedad colectora y su alta selectividad. Es apropiado para la colección de los minerales sulfurados, minerales nativos y minerales oxidados. Se debe emplear en los circuitos neutros o alcalinos si se aplica en medio ácido sufre hidrólisis. Se pudo comprobar que las propiedades hidrofóbicas de los xantatos incrementan con la longitud de la cadena hidrocarbonatada y con ramificación. Se emplea en dosis que van desde los 5 a 100 g/l. (Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42)

Depresores: Los depresores disminuye la flotabilidad del mineral por su propiedad superficie más hidrofílica, impidiendo la adsorción del colector que puede ser hidrofóbica. Se observa varias maneras de llegar a este objetivo. El primero es introducir en la pulpa un ion depresor que compite con el ion del colector por la superficie del mineral. Siendo natural su comportamiento, si el colector es de tipo aniónico entonces el ion del depresor también tiene que ser un anión y/o viceversa. El mecanismo del depresor es completamente análogo al mecanismo del colector, pues en ambos casos lo que se quiere es la fijación por intercambio iónico o adsorción física, con la diferencia de que en el caso la fijación de un ion se hace que la superficie sea hidrofílica y en la fijación de un catión sea hidrofóbica. (Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42-47)

Espumantes: Son compuestos orgánicos heteropolares, con mayor afinidad con el agua. es tenso activo, son reactivos que se adsorben selectivamente en la interface gas-líquido, donde se reduce la tensión superficial. Que permite la formación de una espuma estable y la generación de burbujas pequeñas. El más usado es los alcoholes, ácidos, poliglicoles y aminas. (Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42-47).

2.2.7. Dosificación de los reactivos de flotación

Por su parte Azañero Rodríguez Joaquín José. 2002. Pp.7-8, da a conocer que “La función del colector es dar la propiedad hidrofóbica a la superficie del mineral, entonces, es un reactivo químico más importante que se utiliza en la flotación. Entonces, la flotación de minerales nos permite usar con eficiencia y eficacia algunos tipos de colectores que dependen de los tipos de minerales y/o asociaciones mineralógicas existentes. Por otra parte, manifiesta que la elección de un espumante otorga ciertas características a la espuma, que contribuye a la

selectividad de los minerales que tiene valor económico. Así mismo se sabe que la altura de la espuma y el flujo de aire a la celda, estos afectan en el tiempo de la retención de las partículas mineralizadas en la espuma. La estabilidad de la espuma depende de la dosificación del espumante. Se puede decir que los reactivos de flotación necesitan de un tiempo de acondicionamiento para ser activos con la pulpa y de esa manera poder actuar en forma eficiente sobre las especies de minerales de valor económico. Se entiende entonces que la etapa de acondicionamiento es de mucha importancia, entonces algunos reactivos se adicionan en la molienda para ir acondicionando a la mena, mientras que otros, se adicionan directamente al cajón de descarga de los molinos o al acondicionador”.

2.2.8. Ph.

Para Abarca Rodríguez Joaquín José. 2011. Pp. 42. El pH una variable de control que se utilizada en el proceso de flotación, resulta fundamental en la recuperación y selectividad, o en deprimir al mineral. El proceso de flotación es sensible al pH, cuando se trata de la flotación selectiva. En los reactivos de flotación, los colectores operan en ciertos rangos de pH. La regulación del pH en la flotación de cobre se realiza con lechada de cal. La lechada de cal es un reactivo muy importante, ya que, además de actuar como modificador de pH, es el depresor del hierro en la flotación selectiva de minerales de cobre en la etapa de cleaner.

Modificadores del medio o de pH: El pH de una pulpa tiene suma importancia en la flotación, ya que los iones hidrógeno o hidroxilo (H^+ y OH^-) compiten con otros iones para alcanzar la superficie del mineral, su concentración tiene influencia en la disociación de las sales y en los intercambios iónicos. Es importante tener en cuenta los efectos de la hidrólisis que puede sufrir los reactivos en función a la acidez del medio, así es que los xantatos pierden la afectividad en

los circuitos ácidos. La amina da mejor resultado en los circuitos medianamente alcalinos y en los circuitos de alta alcalinidad su poder colector disminuye notablemente. Por otro lado, los ácidos grasos tienen una actividad muy favorable en pulpas alcalinas favoreciendo la formación de jabones en la superficie mineral. Es así que debemos reconocer que en el circuito alcalino es más empleado que el circuito ácido, los reactivos suelen ser más estables y las sales de los iones pesados precipitan eliminándose de la pulpa. Para producir el pH necesario en los circuitos de flotación se recurre a ácidos y bases de bajo costo, por lo que se utilizan: la cal, el hidróxido de sodio, el carbonato de sodio y el ácido sulfúrico. (Abarca Rodríguez Joaquín José. 2011. Pp. 47).

El acondicionamiento de la pulpa es una etapa que da el tiempo necesario para que entren en acción en forma eficiente los reactivos de flotación que son utilizados. Ciertos colectores y modificadores tienen cinética de adsorción en los minerales bastante lenta por lo que se deben alimentar al molino de bolas junto con el mineral que va a ser molido, mientras que otros reactivos se alimentan directamente a la celda acondicionador de pulpa. Adicionar el aire a la pulpa en la celda de flotación es una variable que normalmente se controla, la cual permite la aceleración o retardo de la flotación en beneficio de la recuperación metalúrgica o de la ley de concentrado. (Guzmán Rivera Levi 2015. pp. 52).

2.3. Definición de términos básicos

1. **Tratamiento:** Proceso mecánico, físico, térmico, químico que se aplican a los minerales, en ello está incluido la explotación, con el fin de extraer el mineral así mismo hay un cambio de tamaño, clasificación y separación.

2. **Mineral sulfurado:** Su procesamiento presenta como objetivo el de liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentra en forma de sulfuros en las rocas.
3. **Tratamiento:** Proceso mecánico, físico, térmico, químico que se aplican a los minerales, en ello está incluido la explotación, con el fin de extraer el mineral así mismo hay un cambio de tamaño, clasificación y separación. Mineral sulfurado: Su procesamiento presenta como objetivo el de liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentra en forma de sulfuros en las rocas.
4. **Reactivos de flotación:** Son sustancias químicas que presentan la adsorción selectiva en límites de fases y al cambio de sus propiedades físicos y químicos, dando condiciones para la flotación selectiva de las partículas en un mineral.
5. **Cobre arsenical:** Mineral complejo presente en la mineral enargita y calcopirita
6. **Molienda de minerales:** Reducción de tamaño del sólido con agua en un cilindro giratorio.
7. **pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa
8. **Depresor:** Ayudan a deprimir los minerales de ganga para aumentar la recuperación y selectividad.
9. **Colector:** La selección de un colector es crítico en la separación eficiente de los minerales por intermedio de la flotación por espuma.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Si determinamos el tratamiento del mineral de cobre arsenical entonces podemos obtener el concentrado de cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín.

2.4.2. Hipótesis específica

Hi1: Si determinamos el grado de molienda primaria entonces podemos seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido.

Hi2: Si determinamos el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación entonces podemos hacer la recuperación del concentrado de cobre.

Hi3: Si determinamos el pH en el rougher y cleaner entonces podemos hacer la recuperación del concentrado de cobre.

Hi4: Si determinamos la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa entonces podemos realizar la recuperación del concentrado de cobre.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Tratamiento del mineral de cobre arsenical

2.5.2. Variable dependiente

Recuperación del cobre.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
-Recuperación del cobre.	-Obtención del cobre por medio de la concentración del mineral	Recuperación del cobre por medio de concentrado	Toneladas por día	Porcentaje
-Grado de Molienda	-Liberación de material valioso	Conminación	Micras	tamaño peso por volumen
-% solidos	-Sólidos en pulpa	Dilución	Gramos por litro	
-PH	Indicador de ácidos o basicidad.	Contenido de H positivo o H negativo.	Numero	ácidos o basicidad
-Reactivo depresor	Deprime especies deseables	Eliminación de especies o valorados.	Gramos por litro	peso de reactivo por peso de mineral
Tratamiento metalúrgico del mineral cobre arsenical.	Tratamiento de las partículas de mineral de cobre arsenical	Proceso del mineral en reducción de tamaño y selección por espuma para concentrar el cobre	Toneladas por día	Toneladas

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Experimentando en el laboratorio se va construyendo con más facilidad nuestros conocimientos; es así que volviendo a hacer lo que otros ya hicieron, con los equipos del lugar y con los conceptos teóricos recibidos en la universidad o de manera autodidacta.

Para ello se realiza las acciones prácticas, trabajos de laboratorio, o consultando a los expertos. En este sentido, Ruiz et al. (2010) propone una mayor participación de los estudiantes en los proyectos de investigación y en las prácticas de laboratorio. Ellos plantean resultados como excelente cuando desarrollan proyectos. Estos proyectos están enmarcados en el tipo de investigación **Experimental**.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación utilizado es de tipo explicativa donde el pensamiento del investigador es clave, ya que depende de su formación profesional o personal sobre el tratamiento de los minerales de cobre arsenical determinar el

tratamiento del mineral de cobre arsenical que se pueda realizar con el fin de obtener cobre.

3.3. Métodos de investigación.

La investigación se aprende investigando, así lo plantea la pedagogía activa y lo manifiesta Dewey (2010) en ¿cómo estamos pensando? si realizamos investigación vamos construyendo el nuevo conocimiento, resolviendo problemas nos vamos haciendo expertos, desarrollando proyectos somos proyectistas, para hacer realidad estos recursos nos aconsejable la salida al campo, trabajo en laboratorios, análisis de resultados, todo ello nos conlleva a un método de investigación **Aplicada, cuantitativa.**

3.4. Diseño de investigación

El proyecto de tesis a desarrollarse presenta un Diseño de investigación explicativa, donde el pensamiento del investigador es clave, ya que depende de su formación profesional o personal sobre el tratamiento de los minerales de cobre arsenical. Se otorga una explicación sobre la variable independiente que son aspectos inexplorados de la variable dependiente, dando a conocer sobre ¿cómo? y ¿por qué? se relacionan con las preguntas de investigación. (Diseño de investigación. Elementos y características (questionpro.com))

3.5. Población y muestra

Para el trabajo de investigación es de gran importancia conocer a la población, en nuestro caso está determinada por las reservas probadas y probables de la Empresa Minera Perú Sol S.A.C., esta población posee una característica de poder medir o estudiar. (Morles, 1994. P.54)

Las reservas de minerales es parte de la economía que es extraída de un recurso minero medible. En las reservas está incluido la dilución del mineral y la

contingencia por pérdida que ocurre durante la explotación o minado. Las reservas están señalizadas como probadas o probables de acuerdo a su grado de confianza. (Memoria Anual 2020 del Minera Perú Sol S.A.C, pág. 25).

Tabla N° 01: Reservas minerales probadas y probables

Unidad Minera	MM De TM	LEYES				FINOS			
		Zn	Pb	Cu	Ag oz/TM	Zn Miles de TM	Pb Miles de TM	Cu Miles de TM	Ag Millones de TM
Perú Sol.	3,7	1,7	0,8	0,3	1,5	64	23	12	5
Probadas	6,9	4,4	1,2	0,3	2,9	292	72	12	19
Probables	20,0	4,8	1,3	0,2	2,8	953	230	28	59

Fuente: Elaborado por tesista

Nota: Memoria Anual 2020 Minera Perú Sol S.A.C.

Morles nos dice que la muestra en principio es una de las partes que representa al todo y como tal, esta refleja a la característica que definen a la población del que fue obtenido, entonces es representativa. Por lo tanto, la validez depende de la obtención y del tamaño de la muestra. Por lo dicho, la elección y tamaño de la muestra es un factor que determina el resultado que se obtiene de la investigación. (Morles, 1994. pag.54).

En nuestro caso, la muestra ha sido seleccionada como compósito del total del mineral que ha reportado los geólogos después de un trabajo de campo, para obtener el compósito practicaremos la técnica del muestreo, la separación del mineral con el separador de Jones, pesaje del mineral hasta obtener un kilo de mineral para cada prueba que se va a realizar en el laboratorio o a nivel bach.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las actividades llamadas experimentales a nivel de laboratorio es una de las técnicas clave en el proceso de la investigación donde se aporta conocimiento práctico que se sustenta en la fundamentación teórica que aporta al investigador, así como, por el desarrollo de habilidad y destreza en el trabajo experimental que es fundamental, existe argumento a favor del trabajo en el laboratorio en cuanto al

valor de su resultado, para demostrar el objetivo planteado que está relacionado al conocimiento conceptual y procedimental, por lo tanto, los estudios están relacionados con la metodología científica que influye en la capacidad de razonamiento, pensamiento creativo y crítico, y el desarrollo de actitud en la apertura mental, objetividad y desconfianza ante aquellos juicios de valor que carecen las evidencias necesarias (Hodson, 2000; Wellington, 2000).

En el tratamiento de los minerales cobre arsenical es necesario el trabajo experimental a nivel Bach para luego hacer un escalamiento a nivel piloto e industrial, es así que los datos son recolectados van a ser tratadas a nivel de laboratorio utilizando para ello los equipos y maquinarias que se encuentran instaladas en el laboratorio químico metalúrgico de Empresa Mineral Perú Sol.

3.6.1. Moliendabilidad

Preparación de las muestras para la molienda

Mineral	1 000 gramos
Agua	500 mililitros %
Solido	67 %
RPM	65 RPM

Molino de bolas 8" x 8"

Bolas (Ø 1")	6 374,5 Kg
Bolas (Ø 3/4")	3 870,4 Kg
Bolas (Ø 1/2")	2 482,0 Kg
Bolas (Ø 1/4")	754,0 Kg

3.6.2. Mineral Cobre Arsenical fracción + 53 micrones

Se efectuaron 4 pruebas de molienda con tiempos diferentes de 15, 25, 35 y 45 minutos; tomando en cuenta que las muestras de mineral han sido alimentadas

al molino menores de la 10 malla, al producto molido se hizo un análisis granulométrico en el Ro-Tap de 12 minutos con las mallas Tyler N° 40, 70, 100, 140, 200, 270 y 325, con la finalidad de obtener curvas de moliendabilidad con ecuaciones empíricas y poder determinar tiempos de molienda a una determinada partícula.

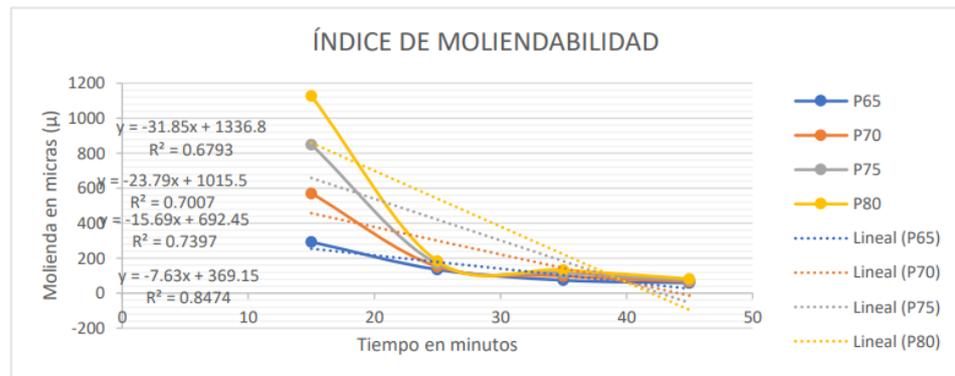
Tabla N° 02: Índice de moliendabilidad

Tiempo minutos	Molienda (μ)			
	P65	P70	P75	P80
15	293	330	370	415
25	135	152	168	183
35	74	98	117	133
45	59	66	73	82

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

Gráfica N° 01: Índice de moliendabilidad



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica elaborada por el tesista

Tabla N° 03: Requerimiento de datos

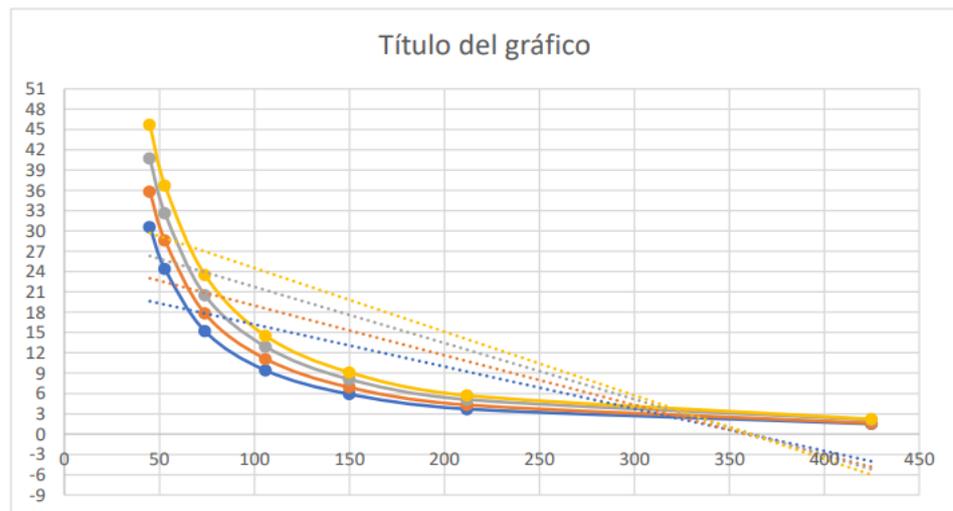
Tamiz Número	Malla (μ)	Tiempo (minutos)			
		P65	P70	P75	P80
40	425	1,5	1,6	2,1	2,2
70	212	3,7	4,3	5,1	5,7
100	150	5,9	6,9	8,1	9,2
140	106	9,4	11,1	12,9	14,5
200	74	15,2	17,8	20,5	23,5
270	53	24,4	28,6	32,6	36,7
325	45	30,6	35,8	40,7	45,7

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 3 y gráfica 2 se da a conocer el tiempo en minutos que corresponde a cada malla en la reducción de tamaño, en el cual se observa que a la malla 425 se tiene un P65 a 1,5 minutos, para un P70 1,6 minutos para un P75 un 2,1 minuto y para un P80 se tiene 2,2 minutos, en el tamiz más fino observamos que para un P65 se tiene 30,6 minutos y para un P80 se tiene 45,7 minutos, lo que significa a mayor tiempo de molienda se tiene partículas más finas.

Gráfica N° 02: Requerimiento de datos



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica elaborada por el tesista

3.6.3. Pruebas de flotación

Se efectuaron pruebas a nivel Bach, donde se ha variado la dosificación de los reactivos y las condiciones de flotación con el objeto de conocer y evaluar el comportamiento del mineral cobre arsenical. Para ello se tomó en cuenta:

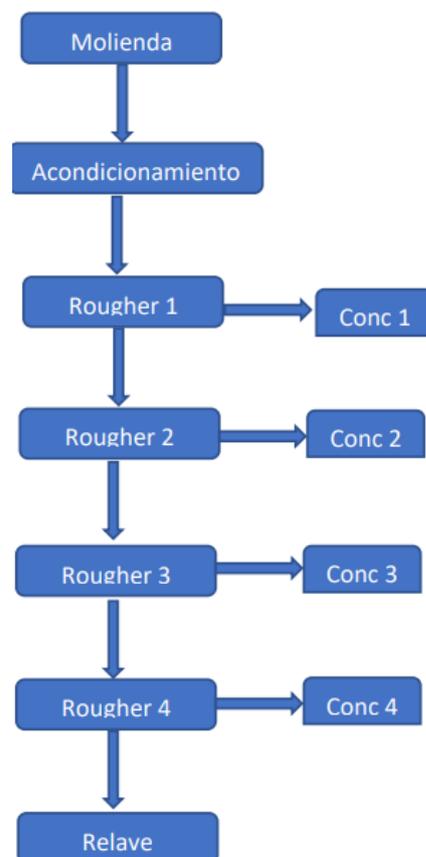
Flotación de mineral cobre arsenical fracción + 53 micrones

Flotación de mineral cobre arsenical fracción – 53 micrones

Prueba de cinética:

Se llevó a cabo las pruebas de flotación mediante un diagrama de flujo que ha guiado todo el proceso donde se conoció el comportamiento del mineral y se analizó cada prueba realizada a nivel Bach en el laboratorio químico – metalúrgico.

Gráfica N° 03: Diagrama de flujo de cinética de flotación



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica realizada por el tesista

Condiciones de flotación

Muestra: Mineral Cu-As

Prueba Metalúrgica 1

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para la investigación se usó el análisis granulométrico se tomó como malla de molienda a las partículas finas (-53 micrones) para realizar la flotación por espuma. Teniendo como propósito la separación de todos los elementos nocivos a la flotación en la fracción fina (-53 micrones).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En la elección del tipo de técnicas de procesamiento y análisis de datos se debe tener en cuenta la forma decisiva del resultado. la capacidad de análisis e interpretación de los datos obtenidos a nivel de laboratorio donde se recogen los valores típicos que son analizados mediante causa-efecto, son las que responden a los objetivos propuestos de acuerdo a las variables independientes y dependiente, el requerimiento relativo al tiempo de respuesta, la condición del dato a analizar o la carga de trabajo es cuestión que terminará en determinar que depende de los ensayos realizados en el laboratorio sea adecuado o caso contrario se tendrá que volver a realizar el trabajo en el laboratorio hasta conseguir una respuesta a la hipótesis planteada. (Hodson, 2000; Wellington, 2000)

3.9. Tratamiento estadístico

Para un primer nivel de análisis, se aplica la técnica de estadística descriptiva, por ejemplo, los datos van estar graficadas en tablas de contingencia, que facilita la ordenación y comparación de los datos, esto nos permite conocer a los parámetros de la muestra con las que se trabaja. El recuento necesario para la

elaboración de cálculos, en nuestro proyecto hacemos uso de tablas con su análisis e interpretación del resultado.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación es una actividad inherente en la vida universitaria, ya que a través de la investigación se fomenta el pensamiento lógico y creativo que promueve la generación y acumulación del nuevo conocimiento, así mismo contribuye a la solución del problema en diferentes áreas. Todo esto es debido a la actividad científica que influye en los principios éticos, los valores éticos guían a la investigación dentro y fuera de la Universidad, (Informe Belmont (1979)) tomando conocimiento de ello respetamos a los autores en citas bibliográficas, trabajos relacionados al tratamiento de los minerales de cobre arsenical.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Preparación de la muestra

Homogenización y cuarteo

Las muestras fueron homogenizadas independientemente uno del otro con un cuarteador (jones), posteriormente, almacenaron en dos costales compartidos en partes iguales con un peso de 25 kg cada uno. Preparación

Se tomaron 25 kg de muestra mineral Mixto con fracciones menores a ½”, para posteriormente ser lavado en su totalidad y ser tamizado con la malla 270 Tyler obteniéndose dos productos: Fracción +53µm y la Fracción -53µm, la fracción +53µm se puso a secar a temperatura de ambiente.

Fracción +53µm: Se tamizo con la malla 10 Tyler, obteniéndose dos fracciones, la fracción malla +10 y la fracción malla -10, la fracción malla +10 se trituro en una primera etapa con una chancadora de quijada y una segunda etapa con una chancadora de rodillos, el producto chancado se tamizo con la malla 10 Tyler, separando la fracción malla +10 para así nuevamente ser pasado por la

chancadora de rodillos y así sucesivamente hasta obtener toda la muestra 100% malla -10.

La muestra 100% malla -10 se pasó a homogenizar para luego ser llevado al repartidor automático y obtener muestras de 1 kg c/u.

Fracción -53 μ m: Se almaceno en un balde para su decantación.

El mismo proceso fue usado para la muestra de mineral Arsenical.

El agua decantada de la muestra de mineral Mixto fracción -53 μ m, tiene pH = 5.25 Se pudo observar la presencia de sales solubles debido al color del agua.

El agua decantada de la muestra de mineral Arsenical fracción -53 μ m reporta un pH = 4.7, al igual que en la muestra anterior el agua se ve de color azul, indicando la presencia de sales solubles.

El % del peso total de la fracción -53 μ m del mineral Mixto es de 3% y para el mineral arsenical es de 4.5%.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Mineral arsenical (Cu-As)

Condiciones de Molienda

Mineral: 1 000 gramos

Agua 500 centímetros cúbicos

% Solido 67 %

RPM 65

Molino de bolas 8" x 8"

Bolas Ø 1" 6 375,4 Kg

Bolas Ø 3/4" 3 869,3 Kg

Bolas Ø 1/2" 2 481,9 Kg

Bolas Ø 1/4" 753,9 Kg

Fracción mayor a 53 μ m

Se realizaron 4 pruebas de molienda a diferentes tiempos de 20, 40, 60 y 80 minutos con muestras de mineral < 10 mallas, el producto molido a los tiempos mencionados fue tamizados por mallas Tyler N° 40, 70, 100, 140, 200, 270 y 325, Con la finalidad de obtener curvas de moliendabilidad con ecuaciones empíricas y poder determinar tiempos de molienda a una determinada partícula.

Tabla N° 04: Índice de moliendabilidad

Tiempo minutos	Molienda (μ)			
	P65	P70	P75	P80
20	233	293	356	422
40	120	150	181	211
60	74	91	110	138
80	48	59	73	101

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 4 se observa que a 20 minutos se tiene 233 micrones en P65, 293 micrones en un P70, 356 micrones en un P75 y 422 micrones en un P80. Mientras que a 80 minutos se tiene 48 micrones en un P65 y 101 micrones en un P80, lo que significa a mayor tiempo de molienda no es buena las partículas mineralizadas de cobre arsenical.

Tabla N° 05: Requerimiento de datos

Malla Número	Molienda (μ)	Tiempo (minutos)			
		P60	P70	P80	P90
40	425	1,6	1,7	2,4	4,0
70	212	4,5	5,3	6,9	10,7
100	150	7,6	9,1	11,6	17,3
140	106	13,0	15,7	19,7	28,1
200	74	22,0	27,0	33,5	45,4
270	53	37,5	46,4	57,0	73,4
325	45	48,2	59,8	73,3	92,1

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En los requerimientos de datos podemos observar que a 425 micrones se tiene en un P60 1,6 minutos, en un P70 un 1,7 minuto, en un P80 2,4 minutos y para un P90 4,0 minutos, sin embargo, cuanto más fino es la partícula de mineral se necesita más tiempo de molienda lo cual va a provocar trastornos en la flotación por espuma ya que la partícula de minera se presenta en forma de lama.

4.2.2. Prueba de flotación

Se realizaron diversas pruebas de flotación para conocer el comportamiento del mineral frente a pH, adición de reactivos, tiempo de acondicionamiento, 39 después de haber determinado el tamaño de partícula, para ello se ha elaborado un diseño de flotación tomando en cuenta el rougher en cada uno de ellos así mismo se consideró el tiempo de flotación de 1,3,6,9 y 12 minutos.

Primera prueba metalúrgica de flotación por espumas

Para dar inicio a las pruebas metalúrgicas de flotación por espumas se ha tenido que preparar los reactivos a ser utilizados y conforme vamos desarrollando el trabajo investigativo se cambiando la dosificación de acuerdo a los resultados del balance metalúrgico, es así que se van a presentar unas tablas donde se da a conocer primeramente las condiciones básicas (dosificación de reactivos), balance metalúrgico de finos, balance metalúrgico acumulativo y balance metalúrgico de recuperación.

Tabla N° 06: Condiciones básicas para la prueba de flotación

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación										RPM	%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)							
	Cal	NaCN	Na ₂ S	Z-11	MT	FT-70	Mol	Acon	Flot				
Molienda	1500	200	500		3682		33,5				65	68	
Acond					32			5			1685	22	10,5
Ro 1							31				1	1245	22
Ro 2											1	1245	
Ro 3											2	1245	
Ro 4											8	1245	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

1 gota MT-3682 = 0,0054 g

1 gota FT-70 = 0,0045 g

NaCN = 1 %7

Na₂S = 1 %

Celda de flotación = 2 litros.

Tabla N° 07: Balance metalúrgico de contenido fino

Producto	Peso		Análisis Químico				Contenido de fino					
	gr	%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
Cab Calc				2,40		19,97	0,00					
Conc 1	24,2	2,35		28,06		17,09	0,77		0,67		0,41	
Conc 2	17,1	1,66		24,16		20,91			0,39		0,36	
Conc 3	21,3	2,07		20,33		24,96			0,42		0,51	
Conc 4	41,1	4,00		10,84		31,69			0,44		1,27	
Relave	924,7	89,92		0,53		19,41			0,50		17,47	
Cab Ens				2,37		19,16	0,77					
Total	1028,4	100,0							2,42		20,02	
CuOx		0,06 %										

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la Tabla 7, notamos que en la cabeza calculada se tiene 2,40 % Cu, 19,97 % Fe, en el concentrado 1 se tiene presencia de Arsénico todo ello en el análisis químico, así mismo se nota que el cobre está presente en un 0,67 % en fino en el concentrado 1, y hay presencia de finos en los otros concentrados, para realizar la prueba se ha descargado del molino 1028, 4 gramos de pulpa, con un pH de 10,5; un % de solidos de 22 en la celda.

Tabla N° 08: Balance metalúrgico acumulativo

Producto	Tiempo minuto			Análisis Químico				Distribución				
		%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
	0											
Conc 1	1	2,38		28,06		17,09	0,77		27,41		2,02	
Conc 2	3	3,54		26,46		18,68			44,04		3,75	
Conc 3	6	6,08		24,36		20,84			61,78		6,36	
Conc 4	12	8,08		19,02		25,14			79,77		12,68	
Relave		79,92		0,54		19,41			20,20		87,34	
Total	12	100,0		2,41		19,98			100,0		100,0	
R mf				80,49		16,35						
K				0,381		0,13						

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

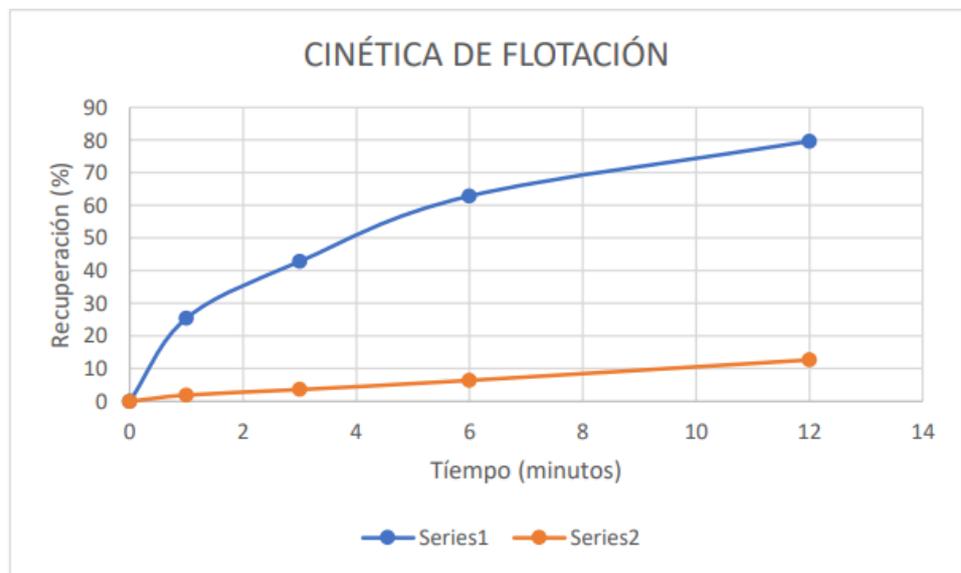
Tabla N° 09: Balance metalúrgico de la recuperación y error

Tiempo minuto	Recuperación %					Error				
	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Pb	Cu	Zn	Fe	As
0										
1		25,43		1,92	0,77		4		0	
3		42,83		3,61			3		0	
6		62,87		6,42			5		0	
12		79,65		12,68			0		0	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

Gráfica N° 04: Cinética de flotación de la primera prueba



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica realizada por el tesista

En la tabla 9 se observa que a un minuto de flotación se tiene una recuperación de 25,43 % de cobre, a los 3 minutos presenta una recuperación de 42,83 % de cobre, a los 6 minutos presenta un 62,87 % de cobre y a los 12 minutos se tiene 79,65 % de cobre que a partir de ello se hace continuo el porcentaje de recuperación hasta agotar.

Segunda prueba metalúrgica de flotación por espumas

En esta segunda prueba metalúrgica se hace una dosificación de reactivos muy variada con respecto a la primera prueba, conservándose como variable

constante el porcentaje sólidos y el pH, se ha incrementado el peso de mineral a ser tratado para observar el comportamiento de las partículas menores a 53 mallas con respecto al fino. El tiempo de molienda que se presenta es menor a la primera prueba.

Tabla N° 10: Condiciones básicas para la segunda prueba de flotación

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación									%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)					
	Cal	Mixto	Na2S	Z-11	MT 3682	FT- 70	Mol	Acon	Flot		
Molienda	1000	100					10,7			65	68
Acond	500				24			5		1685	22
Ro 1							20			1	1355
Ro 2										1	1355
Ro 3										2	1355
Ro 4										4	1355
Ro 5										8	1355

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

Nota:

1 gota MT-3682 = 0,0054 g

1 gota FT-70 = 0,0045 g

Mixto = 5 % (25% dextrina, 25 % Quebracho, 50 % CNNa)

Celda de flotación = 2 litros.

Tabla N° 11: Blance metalúrgico de contenido fino en la prueba 2

Producto	Peso		Análisis Químico					Contenido de fino				
	gr	%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
Cab Calc				2,37		22,82	0,00					
Conc 1	82,61	4,22		9,47		39,36			0,39		1,67	
Conc 2	97,51	4,97		9,48		39,51	0,27		0,48		1,96	
Conc 3	118,59	6,06		8,70		39,56			0,54		2,40	
Conc 4	77,79	3,97		6,91		39,89			0,26		1,57	
Conc 5	67,09	3,43		4,45		39,74			0,17		1,37	
Relave	1515,59	77,36		0,72		17,89			0,56		13,84	
Cab Ens				2,30		22,01	0,27				22,82	
Total	1959,18	100,0							2,38			
CuOx		0,43 %										

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 11 se aprecia que la ley ensayada reporta 2,30 % de cobre y de hierro 22,01; en este ensayo encontramos un 9,48 % de cobre en el concentrado 2 y de hierro 39,51 % de los cuales se tiene como contenido de fino 0,48 % y 1,96 % en hierro; con un total de 1959,18 gramos de mineral molido con un 0,43 % de óxido de cobre.

Tabla N° 12: Balance metalúrgico de distribución en la prueba 2

Producto	Tiempo minuto	Peso %	Análisis Químico				Distribución					
			% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
	0											
Conc 1	1	4,23		9,47		39,36	0,67	16,82		7,28		
Conc 2	3	9,20		9,49		39,43		36,72		15,90		
Conc 3	6	13,26		9,17		39,49		58,88		26,39		
Conc 4	9	14,23		8,71		39,58		70,46		33,34		
Conc 5	12	18,60		8,07		39,60		76,87		39,31		
Relave		40,48		0,72		17,91		23,15		60,71		
Total		100,0		2,38		22,81		100,0		100,0		
R mf				78,00		39,84						
K				0,332		0,26						

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 12 se presenta el balance metalúrgico acumulativo en la prueba 2 de los cuales se puede manifestar que la mejor distribución encontramos en el concentrado 5 donde el cobre presenta un 76,87 % y el hierro un 39,31 %.

Tabla N° 13: Balance metalúrgico de la recuperación y error en la prueba2

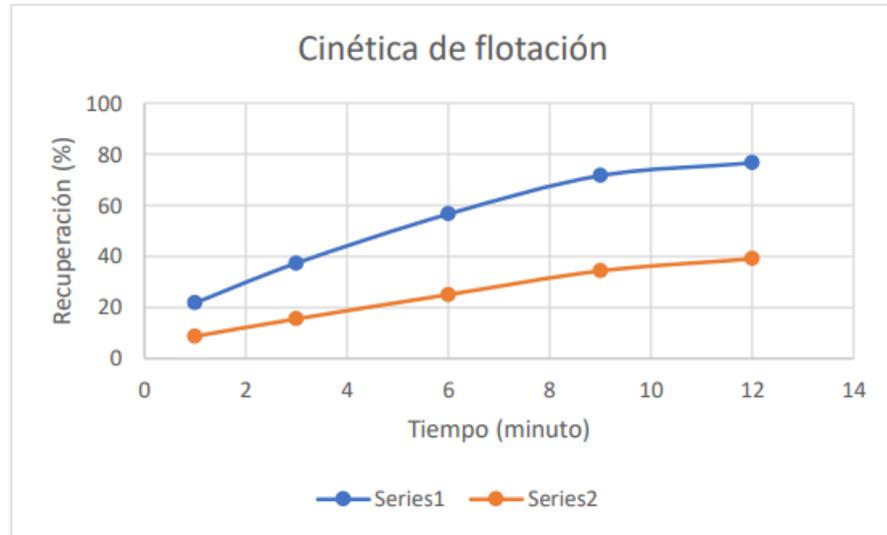
Tiempo minuto	Recuperación					Error				
	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Pb	Cu	Zn	Fe	As
0										
1		21,76		8,72			25		2	
3		37,36		15,54			2		0	
6		56,59		25,04			22		8	
9		71,60		34,32			10		9	
12		76,60		39,06			2		2	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 13 podemos decir que a partir de minuto 9 se estandariza la recuperación del cobre y no presenta presencia de arsénico, lo que significa que es bueno para su comercialización.

Gráfica N° 05: Cinética de flotación de la segunda prueba



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica realizada por el tesista

En la gráfica 5, se aprecia la curva de recuperación del cobre y del hierro sin presencia de arsénico, que a partir del minuto 12 se estandariza la curva hasta agotar el cobre en la celda de flotación.

Tercera prueba metalúrgica de flotación por espumas

Molienda: 47 minutos a 67% Solido en molino de laboratorio, presentando un $K_{80} = 75\mu\text{m}$ con un porcentaje en flotación del 21 % de sólidos.

Tabla N° 14: Condiciones básicas de pruebas de flotación para la tercera prueba

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación									RPM	%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)						
	Cal	NaCN	Na ₂ S	Z-11	MT 3682	FT- 70	Mol	Acon	Flot			
Molienda	1500	200					45			65	68	
Acond				20	10,5			5		1685	22	10
Ro 1						30,5				1	1355	22
Ro 2										1	1355	
Ro 3										2	1355	
Ro 4										4	1355	
Ro 5										8	1355	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

1 gota MT = 0,0054 g

1 gota FT-70 = 0,0045 g

Cianuro = 1,5 % Z-11 = 1,5%

Celda de Flotación = 2 lt

Tabla N° 15: Blance metalúrgico de contenido fino en la prueba 3

Producto	Peso		Análisis Químico				Contenido de fino					
	gr	%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
Cab Calc				2,37		22,82	0,00					
Conc 1	240,31	11,77		7,83		37,35			0,92		4,40	
Conc 2	95,41	4,67		7,76		38,95			0,36		1,82	
Conc 3	126,19	6,18		7,19		38,35			0,44		2,37	
Conc 4	78,79	3,86		6,01		36,05			0,23		1,39	
Conc 5	29,69	1,45		3,35		32,15			0,05		0,47	
Relave	1471,32	72,00		0,50		15,50			0,36		11,17	
Cab Ens				2,30		22,01	0,27				21,62	
Total	2041,70	100,0							2,38			
CuOx		0,43 %										

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

Tabla N° 16: Balance metalúrgico de distribución en la prueba 3

Producto	Tiempo minuto	Análisis Químico				Distribución						
		%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
	0											
Conc 1	1	11,78		7,82		37,34	0,47		27,41		2,02	
Conc 2	3	16,45		7,82		37,79			44,04		3,75	
Conc 3	6	22,60		7,65		37,97			61,78		6,36	
Conc 4	9	26,47		7,39		37,67			79,77		12,68	
Conc 5	12	27,95		7,20		37,40						
Relave		72,05		0,49		15,51			20,20		87,34	
Total	12	100,0		2,37		21,63			100,0		100,0	
R mf				84,50		48,06						
K				0,520		0,46						

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

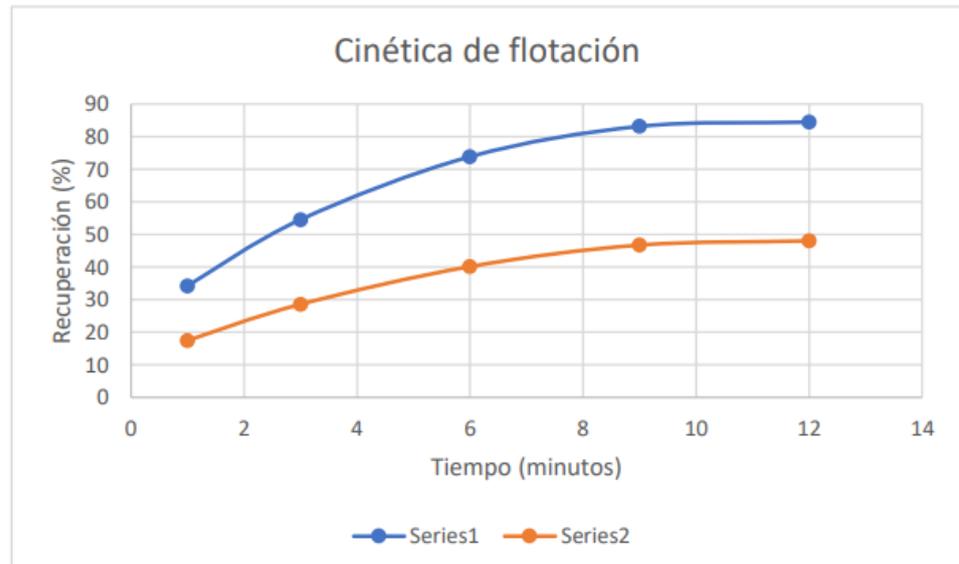
Tabla N° 17: Balance metalúrgico de la recuperación y error en la prueba3

Tiempo minuto	Recuperación					Error				
	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Pb	Cu	Zn	Fe	As
0										
1		34,21		17,45			23		8	
3		54,56		28,57			0		0	
6		73,87		40,15			4		1	
9		83,15		46,74			1		3	
12		84,48		48,02			2		2	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

Gráfica N° 06: Cinética de flotación de la tercera prueba



Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica realizada por el tesista

En la tabla 17 y en la gráfica 6 se aprecia que a partir de minuto 9 se empieza a estandarizar la recuperación del cobre asimismo no se observa presencia de arsénico.

Cuarta prueba metalúrgica de flotación:

Se ha realizado una molienda de 55 minutos con un 67 % Solido en el molino de laboratorio, K80 de 40 μm , y en la flotación se ha tenido un 21 % de sólidos, para esta prueba se ha realizado una serie de combinaciones de los reactivos de acuerdo al presente informe se ha mantenido el pH igual a 10,5 con un 20 % en porcentaje en sólidos.

Tabla N° 18: Condiciones básicas de pruebas de flotación de la cuarta prueba Fuente: Elaborado por el tesista

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación									RPM	%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)						
	Cal	Mixto	Na2S	Z-11	MT	FT-70	Mol	Acon	Flot			
Molienda	1500	500			3682	70				65	68	
Acond	500				53			30		1011	20	10,5
Ro 1							35			1	908	20
Ro 2										1	908	
Ro 3										2	908	
Ro 4										4	908	
Ro 5										8	908	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

1 gota MT = 0,0053 g

1 gota FT-70 = 0,0044 g

Cianuro = 1 % Mix = 5 % (25% Dextrina, 25% Quebracho, 50% Cianuro)

Celda de Flotación = 4 lt

Tabla N° 19: Balance metalúrgico del contenido fino en la cuarta prueba

Producto	Peso		Análisis Químico					Contenido de fino				
	gr	%	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
Cab Calc				2,35		22,93	0,00					
Conc 1	193,21	19,10		8,27		40,01			1,57		7,65	
Conc 2	55,69	5,49		6,43		40,14			0,36		2,22	
Conc 3	44,29	4,37		2,12		36,96			0,10		1,60	
Conc 4	34,59	3,40		1,29		32,24			0,05		1,11	
Conc 5	49,59	4,92		0,87		21,86			0,06		1,05	
Relave	634,73	62,72		0,37		14,79			0,24		9,29	
Cab Ens				2,31		22,02	0,27				22,92	
Total	1012,10	100,0							2,34			
CuOx		0,44 %										

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 19 se aprecia que en el concentrado 1 se tiene 8,27 % de cobre, con 40,01 % de hierro, con un contenido fino muy bajo en cobre siendo 1,57 % de cobre. Así mismo notamos que en óxido de cobre se tiene un 0,44 %.

Tabla N° 20: Balance metalúrgico de distribución de la cuarta prueba

Producto	Tiempo minuto	%	% Pb	Análisis Químico				Distribución				
				% Cu	% Zn	% Fe	% As	% Pb	% Cu	% Zn	% Fe	% As
	0											
Conc 1	1	19,10		8,27		40,01			67,57		33,33	
Conc 2	3	24,60		7,87		40,02	0,67		82,65		42,97	
Conc 3	6	28,95		7,00		39,56			86,62		50,00	
Conc 4	9	32,40		6,36		38,81			88,50		54,82	
Conc 5	12	37,30		5,66		36,56			90,36		59,51	
Relave		62,69		0,35		14,81			9,64		40,51	
Total	12	100,0		2,35		22,93			100,0		100,0	
R mf				89,35		57,82						
K				1,352		0,62						

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 20, notamos que la distribución del cobre se ha alcanzado una mejor distribución en comparación a las otras pruebas que se ha venido obteniendo, estos resultados son casi uniformes desde el concentrado 2 al 5, esto nos indica que se va a tener una buena recuperación de cobre sin presencia de arsénico.

Tabla N° 21: Balance metalúrgico de recuperación y error de la cuarta prueba

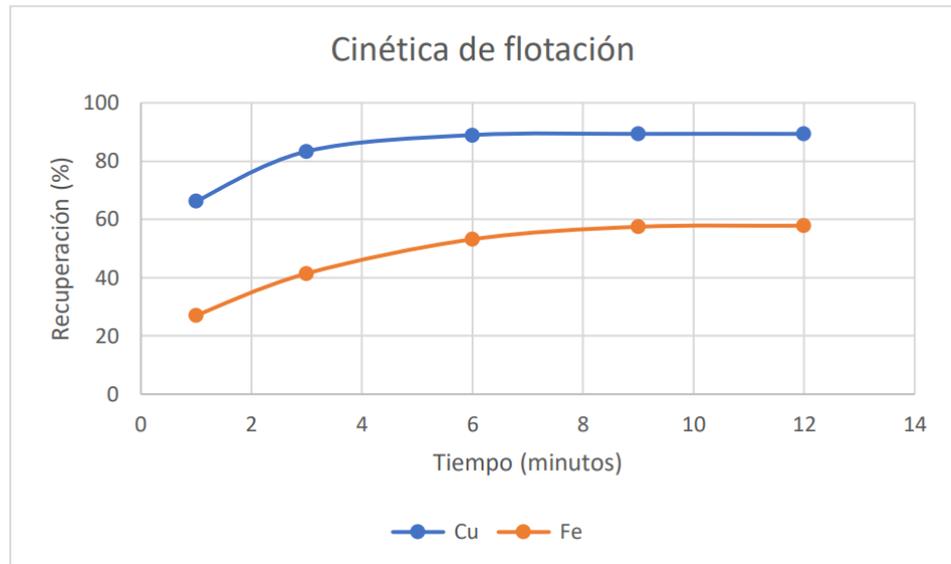
Tiempo minuto	Pb	Recuperación				Pb	Cu	Error		
		Cu	Zn	Fe	As			Zn	Fe	As
0							0			
1		66,21		27,03			2		41	
3		83,35		41,43			0		6	
6		88,95		53,17			21		40	
9		89,35		57,44			7		50	
12		89,35		57,82			17		45	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la cuarta prueba realizada se ha obtenido una recuperación constante desde los 3 minutos de flotación, lo que significa que la dosificación de los reactivos ha sido bien determinada. Por otro lado, podemos decir que no hay presencia de arsénico, lo que garantiza tener una buena comercialización.

Gráfica N° 07: Cinética de flotación de la tercera prueba



Fuente; Elaborado por el tesista

Nota: Gráfica realizada por el tesista

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Análisis granulométrico en la descarga de la molienda

Mediante el análisis granulométrico se ha determinado el grado de molienda que es requerido en la flotación donde el 80% passing, 40 micrones de tamaño. la molienda de 40 micrones y otra prueba de 30 micrones fueron examinadas durante la prueba, la recuperación de los valores se incrementa cuanto más fino es la molienda. Las pruebas de molienda en el molino de laboratorio nos indican que el mineral cobre arsenical de fracción gruesa (lavado) necesita 33 minutos donde se ha obtenido el 80 % passing, 74 micrones y en 37 minutos se obtuvo el 80 % passing 30 micrones. El mineral de cobre arsenical llamado mixto requiere 55 minutos de molienda donde se obtuvo un producto equivalente al 80% passing, y 40 micrones.

4.3.2. El porcentaje de sólidos en la pulpa de flotación

Es una variable muy importante en la investigación después de la molienda por fuerte influencia en el proceso de flotación.

El material fino obtenido después de la molienda fina, éstos actúan como agente de intercambio iónico, donde consumen reactivo en demasía, haciendo que el proceso de flotación sea lenta o nula, estas partículas finas son arrastradas mecánicamente por las espumas. Analizando las pruebas de flotación indican que los resultados metalúrgicos aceptados fueron obtenidos con 21 % de sólidos en el circuito de flotación rougher y scavenger y mientras que con un 11 % de sólidos se han obtenido en la etapa de cleaner.

4.3.3. Mineral fino de la remolienda de concentrado rougher

Otra variable que fue analizada en la flotación por espumas fue la granulometría del concentrado rougher y scavenger del cobre arsenical. Las pruebas metalúrgicas realizadas, indican que es necesario realizar una remolienda de estos concentrados en el proceso anticipado a la etapa de cleaner. Los concentrados rougher y scavenger de cobre arsenical son remolidos hasta un 80 % passing igual a 15 micrones para obtener un concentrado de 30 %. La cinética de la flotación del mineral de cobre arsenical (mixto) muestra una identidad muy ajustada entre el cobre arsenical y el hierro, asimismo se separó a las sales solubles para evitar su activación del hierro. Esto indica la asociación del cobre con el arsénico ultrafina entre estos elementos.

4.3.4. Tiempo de acondicionamiento

El tiempo de acondicionamiento para el mineral de cobre arsenical fue de 15 minutos para la flotación rougher/scavenger, 5 minutos para la etapa cleaner. Para el mineral de cobre arsenical (mixto) fueron de 25 y 10 minutos en el

rougher/scavenger. Esto como consecuencia de la mayor área superficial de las partículas finas causadas por la molienda. Otra variable que se debe de mencionar es el acondicionamiento que debe tener el producto de la remolienda del concentrado rougher y scavenger con una dosis de 2,8 – 31,9 g/t de colector, los mejores resultados se obtuvieron con la mayor dosis.

4.3.5. Diversas combinaciones de los depresores de hierro

Se analizaron los siguientes depresores de hierro:

Reactivo Complejo Mix (mixto) (mezcla de 50 % de CNNa, 25 % de quebracho y 25 % de dextrina)

- CNNa (cianuro de sodio)
- MSD2: 60 % de Dextrina, 30 % de Metabisulfito de sodio, 10% de Tamol
- A3CN: 25 % de Acrisol, 25 % EDTA, 50 % CNNa

En el análisis se indica que el cianuro mejora la depresión del hierro, sin embargo, la recuperación del cobre se observa su afectación ligera.

4.3.6. La variación del pH en la flotación por espumas en el rougher y cleaner

Los valores de pH analizados en la flotación por espuma del cobre arsenical fueron de 10,5 y 11,5. Las mejores recuperaciones se obtuvieron con un pH de 10,5 en la flotación rougher/scavenger y el pH de 11,5 en las etapas de cleaner.

4.3.7. Colector en la flotación del cobre

El colector que fue usado en las pruebas de flotación fue MT 3682 que es el isopropil etil tionocarbamato modificado de Mercantil S.A.

4.4. Discusión de resultados

Para realizar la discusión de resultados se ha tomado en cuenta las cuatro prueba de flotación por espumas cumpliendo estrictamente la dosificación de los reactivos de acuerdo a la mejor recuperación obtenida anteriormente, se ha corrido dos pruebas tomando como variable de estudio el pH, manteniendo constante el porcentaje de sólidos que fue del 22 %, con presencia de arsénico en la cabeza que fue de un aproximado de 3,4 % y en la recuperación no se ha obtenido arsénico, lo que significa que el concentrado de cobre e obtenido tiene cero arsénico.

Se presenta las tablas siguientes para realizar la discusión de resultados con un pH equivalente a 10,5 y 11.

Tabla N° 22: Condiciones básicas de la prueba de flotación por espumas

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación									RPM	%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)						
	Cal	NaCN	Na ₂ S	Z-11	MT 3682	FT- 70	Mol	Acon	Flot			
Molienda	2220	255	505				50			65	68	
Acond 1								10		1300	22	11,5
Acond 2					43			20		1300	22	11,5
Ro1						14				3	1355	
Remolie	1010	255					25				65	
AcRem 1		55						8			1355	
AcRem 2					38			8			1355	
Cl 1										3	1355	
Sev Cl 1					11					3	1355	
Cl 2	205	55			6					2	1000	
Cl 3	205	55								2	1000	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

1 gota MT = 0,0055 g

1 gota FT-70 = 0,0045 g

Na₂S = 3 %.

CNNa = 2 %

Celda = 2 litros.

En la tabla 22 se muestra la dosificación de los reactivos en cada etapa de la flotación, tomando en cuenta de controlar el tiempo de acondicionamiento el tiempo de flotación en el rougher fue de 3 minutos y en el cleaner también fue de 3 minutos. Se debe de hacer notar que el cianuro de sodio, MT-3682 y F-70 fueron alimentados en cada etapa del proceso de flotación con ello se ha controlado el arsénico, y como molienda se ha tenido mejores partículas libres a 50 minutos.

Tabla N° 23: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 3 minutos de flotación

Producto	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (3 minutos)									
	Peso (%)	Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	5,07	15,64	3,04	506,13	1565,07		100,00	100,00	
Concentrado	16,78	19,85	33,21		333,15	557,42		65,83	35,63	
Relave final	83,22	2,09	12,12		173,00	1007,66		34,19	64,37	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 23 se observa que se tiene un 5,07 % de Cobre con un 3,04 % de arsénico, presentando un contenido metálico de 506,13 y una recuperación del 65,83 % de cobre, y un 64,37 % de hierro, sin presencia de arsénico en la recuperación. Esta recuperación es muy baja para un 5,07 % que se tenía en el alimento.

Tabla 24: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 6 minutos de flotación

Producto	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (6 minutos)									
	Peso (%)	Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	2,34	19,52	3,05	232,87	1952,74		100,00	100,00	
Concentrado	8,05	21,53	28,57		173,21	229,67		74,38	11,75	
Relave final	91,95	0,66	18,73		59,67	1723,07		25,62	88,25	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

A los 6 minutos de flotación con una ley de alimento equivalente a 2,34 % de cobre y con un 3,05 % de arsénico se ha obtenido un 232,87 de contenido metálico, con una recuperación del 74,38 % de cobre y cero de arsénico.

Tabla N° 25: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 9 minutos de flotación

Producto	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (9 minutos)									
	Peso (%)	Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	2,21	19,72	3,08	220,01	1971,01		100,00	100,00	
Concentrado	7,65	21,71	28,07		165,65	214,22		75,31	10,86	
Relave final	92,35	0,60	19,03		54,34	1756,80		24,69	89,15	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 25 se observa que a un 2,21 % de cobre en la cabeza y un 3,08 % de arsénico se obtuvo un 220,01 de contenido metálico con una recuperación del 75,31 % de cobre. Mejorando de esa manera la recuperación en función a la tabla anterior.

Tabla N° 26: Condiciones básicas en la prueba de flotación de cobre arsenical

Etapas	Condiciones básicas en la prueba de flotación										RPM	%S	pH
	Reactivos (g/TM)					Tiempo (min)							
	Cal	NaCN	Na ₂ S	Z-11	MT	FT-70	Mol	Acon	Flot				
Molienda	1820	205	505		3682	70					65	68	
Acond 1								15			1300	22	10,5
Acond 2					48						1300	22	10,5
Ro1							14			4	1355		
Remolie	310	105						35			65	66	
AcRem 1											1355	22	
AcRem 2											1355	22	
Cl 1					16	5			6	4	1355		
Scv Cl 1					6	5			2	3	1355		
Cl 2		55			6	5				2	1000		
Cl 3		55			6	5				2	1000		

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

1 gota MT = 0,0055 g

1 gota FT-70 = 0,0045 g

Na₂S = 2 %

CNNa = 2 %

Celda = 2 litros.

En la tabla 26 se muestra los datos de la dosificación de los reactivos tomando el pH, el porcentaje de sólidos las revoluciones por minuto del interpelar como constantes, el tiempo de flotación de 4 minutos, tiempo de acondicionamiento 15 minutos, y se agregaron reactivos como del MT-3682 y F-70 en las limpiezas, la preparación del NaCN y Na₂S al 2 por ciento.

Tabla 27: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 3 minutos de flotación

Producto	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (3 minutos)									
	Peso (%)	Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	2,42	20,20	3,06	240,02	2023,00		100,00	100,00	
Concentrado	7,50	27,56	19,83		205,22	147,00		85,55	7,50	
Relave final	92,50	0,36	20,28		34,75	1876,01		14,45	92,50	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 27 podemos observar que en el alimento se presenta un 2,42 % de ley de cobre con la presencia de arsénico de 3.06 es decir es demasiado alto con referencia al alimento del cobre, obteniendo un 240,02 de contenido metálico de cobre con un 85,55 % de recuperación libre de arsénico y un alto porcentaje de hierro (92,50 %) en el relave.

Tabla N° 28: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 6 minutos de flotación

Producto	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (6 minutos)									
	Peso (%)	Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	2,88	23,47	3,07	787,02	2345,54		100,00	100,00	
Concentrado	29,65	22,53	23,24		667,18	687,79		84,78	29,31	
Relave final	70,35	1,71	2356		119,83	1657,74		15,22	70,69	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 28 se observa un 2,88 % en el alimento con presencia de 3,07 % de arsénico con un 787,02 de contenido metálico con una recuperación del 84,78 % de cobre sin presencia de arsénico y un 70,69 % de hierro presente en el relave, lo que significa que se tiene una buena recuperación, sin embargo, se tiene un 15,22 % de cobre en el relave. Lo que es preocupante la presencia del cobre en el relave, esto ocurre a los 6 minutos de flotación.

Tabla N° 29: Balance metalúrgico de cobre arsenical a 9 minutos de flotación

Producto	Peso (%)	Balance Metalúrgico del Cobre Arsenical (9 minutos)								
		Ley (%)			Contenido metálico			Recuperación (%)		
		Cu	Fe	As	Cu	Fe	As	Cu	Fe	As
Alimento	100,00	2,70	20,32	3,09	264,63	2036,55		100,00	100,00	
Concentrado	8,45	26,71	20,15		226,00	170,55		85,42	8,36	
Relave final	91,55	0,43	20,37		38,64	1865,99		14,58	91,64	

Fuente: Elaborado por el tesista

Nota: Datos obtenidos por el tesista

En la tabla 29 se presenta la flotación del cobre arsenical a los 9 minutos, teniendo un 2,70 % y un 3,09 % de arsénico ambos en el alimento, obteniendo un 264, 63 como contenido metálico para una recuperación del 85,42 % de cobre y un 91,64 % de hierro en el relave. Y un 14,58 % de cobre presente en el relave. Lo que significa una buena recuperación del cobre sin presencia del arsénico.

El comportamiento del arsénico en un pH equivalente a 10,5, a un porcentaje de sólidos del 22 %, a un tamaño de partícula de menos 53 micrones, una dosificación de reactivos bien controlado, y un tiempo de acondicionamiento de 15 minutos nos ha dado buenos resultados de recuperación del cobre que bordea un aproximado del 85 % sin presencia de arsénico, con un 14 % de cobre en el relave, que es muy alto, pero si deseamos bajar este porcentaje elevado nos encontramos en que se presenta el arsénico en el concentrado, es decir es muy

sensible en la flotación el arsénico por lo que se debe de mantener en un pH equivalente al 10,5.

CONCLUSIONES

El mineral de cobre arsenical tiene 0,55 % de óxido de cobre con un contenido del 3,05 en promedio de arsénico del cobre total, encontrando la máxima recuperación de sulfuros de cobre en el concentrado que sería aproximadamente mayor al 80%. La relación cobre/arsénico es de 8,5/1.

En el análisis granulométrico se tomó como malla de molienda a las partículas finas (-53 micrones) para realizar la flotación por espuma. Teniendo como propósito la separación de todos los elementos nocivos a la flotación en la fracción fina (-53 micrones).

La investigación metalúrgica realizada mediante la flotación por espuma de cobre arsenical, para obtener un concentrado de cobre de ley comercial, con un esquema de flotación, con granulometría fina P80 = 40 micrones y una remolienda a las espumas del rougher y scavenger antes de la primera etapa de limpieza con una granulometría de P80 = 15 micrones.

El porcentaje de sólidos en la etapa de flotación fue del 22 %.

El tiempo de acondicionamiento fue de 15 minutos antes de la etapa de rougher y scavenger, para la etapa de limpieza fue de 5 minutos.

El tiempo de flotación en el rougher fue de 3 minutos en las etapas de cleaner fue de 2 minutos en cada una.

En el pH de 10,5 se obtuvo mejores recuperaciones que bordean el 85 % mientras que a un pH de 11,5 se obtuvieron recuperaciones que bordean el 75 %.

Para no tener presencia del arsénico en el concentrado de cobre se ha tenido que hacer mezclas de depresores de hierro que siempre lo acompaña el arsénico y se hicieron las siguientes mezclas:

- Reactivo Complejo Mix (mezcla de 50% de CNNa, 25% de quebracho y 25% de dextrina) CNNa (cianuro de sodio).

- MSD2: 60 % de Dextrina,30% de Metabisulfito de sodio,10% de Tamol
- A3CN:25% de Acrisol,25% EDTA,50%CNNa.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más pruebas metalúrgicas cambiando el esquema de flotación.

Se debe de investigar usando otros tipos de reactivos que ayuden a deprimir el hierro que es el portador del arsénico.

Se debe de investigar que, al incremento del tiempo de flotación se activan las partículas de hierro lo cual ensucia el concentrado y se hace difícil de controlar en las etapas de limpieza.

Se debe de investigar que a menor pH en el rougher se incrementa la presencia del arsénico lo cual no se deprime en la etapa de cleaner.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) " flotación de minerales", Capítulo:
Reactivos de Flotación, JFSC, Lima, pp. 42-47.
- Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42-47
- Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) " flotación de minerales", Capítulo: Reactivos de Flotación, JFSC, Lima, pp. 42-47. Abarca Rodríguez Joaquín José (2011) pp. 42-47
- Castro f. Sergio. (2006). Flotación: Fundamentos y Aplicaciones. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción. pp. 181
- Dewey (2010). Experiencia y educación. Editorial Biblioteca Nueva. S.L. Madrid – España pp 14
- Dow Ch. Co. (2000). Fundamentos de la flotación de los minerales. Lima Perú, pp 4-7
- Homar Taco Cervantes (2008). ‘Guia de prácticas de preparación mecánica de minerales’’, Arequipa Perú.
- Hodson, D. (1992). “Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science”. Science and Education, No. 2, Vol. 1, pp. 115-144.
- Guzmán Rivera Levi. (2015). ‘Curso de flotación de minerales’’, MolyCop Adesur S.A., Lima, Perú.
- Memoria Anual 2020 Empresa Minera Perú Sol, Lima – Perú pp. 25.
- Morles, (1994). Un plan o proyecto de investigación – Lima – Perú pp.54
- Páez Osvaldo. (2010). “Apuntes de concentración de minerales 1” Universidad de Atacama – Facultad de Ingeniería Departamento de Metalurgia. pp. 8-20.
- Ruiz et al. (2010). Papeles del psicólogo. Lima – Perú. pp. 34-35

Vianna, S. M. (2004). The Effect of Particle Size, Collector Coverage And Liberation On The Floatability Of Galena Particles In An Ore. Tesis (Doctorado) The University of Queensland, Australia. Department of Mining, Minerals and Materials Engineering. 337 pp.

Wellington, J. (1998). "Practical work in science: Time for a reappraisal". En: Wellington, J. (ed.). Practical work in school science: Which way now? (pp. 3-15). Londres: Routledge.

WEB:

URI: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/635>

Diseño de investigación. Elementos y características (questionpro.com)

ANEXOS

ANEXO 01: Pruebas metalúrgicas

Molienda: 78.5 minutos a 67% Solido en molino de laboratorio, k80 = 30 µm

Flotación: 12 %S

Resultado Metalúrgico

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %							
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %		
	Cab. Calculada		0.00	0.00	2.28	0.00	22.50	0.00														
	Cab. Ensayada		2.30				22.00		0.27													
Conc. Cu	27.80	2.72			17.97		34.35				0.49		0.94				21.47		4.16			
Medio Cl III	46.70	4.57			3.61		45.05				0.17		2.06				7.25		9.15			
Medio Cl II	36.80	3.60			3.97		42.85				0.14		1.54				6.28		6.86			
Relave B	90.60	8.87			2.57		43.65				0.23		3.87				10.01		17.21			
Conc. Sev Cl I	38.00	3.72			3.13		45.55				0.12		1.69				5.11		7.53			
Conc Scavenger	44.50	4.36			1.57		42.75				0.07		1.86				3.00		8.28			
Relave A	736.90	72.15			1.48		14.60				1.07		10.53				46.88		46.81			
Total	1021.30	100.00									2.28		22.50				100.00		100.00			

CuOx 0.42 %

Combinación de Productos

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc Cl II	74.50	7.29			8.97		41.06				0.65		2.99			28.72		13.31		
Conc Cl I	111.30	10.90			7.32		41.65				0.80		4.54			35.00		20.17		
Medios	83.50	8.18			3.77		44.08				0.31		3.60			13.53		16.02		
Medio Cl I	128.60	12.59			2.74		44.21				0.34		5.57			15.12		24.74		
Conc Ro	239.90	23.49			4.86		43.02				1.14		10.11			50.12		44.91		
Conc Scavenger	44.50	4.36			1.57		42.75				0.07		1.86			3.00		8.28		
Relave General	827.50	81.02			1.60		17.78				1.30		14.41			56.89		64.02		
MARCO DE CONDICIONES PARA PRUEBA DE FLOTACIÓN																				
ETAPAS	REACTIVOS (gr/tn)							TIEMPO (min)			RPM	Impul.	%S	PH						
	Cal	Mix	NaCN	Na2S	Z-11	MT-3682	FT-70	Molien.	Acond.	Flot.										
Molienda	1500		250	500				78.5			65		67							
Acond.						37.1			15		1680	G	12	10.1						
Rougher I							30.8			5	1680	G	12							
Scavenger						10.6	4.4			1	1680	G	9							
Cleaner I										3	1680	M	11	10.5						
Sev Cleaner I						2.7	4.4			3	1680	M	6							
Cleaner II			50			2.7			5	3	1600	M	5	10						
Cleaner III			50							3	1600	M	4	10						

1 gota MT = 0.0053 g

1 gota FT-70 = 0.0044 g

Na₂S = 2 %

Cianuro = 1%

Celda de Flotación = 4 lt, 2 lt, 1 lt

Molienda: 78.5 minutos a 67% Solido en molino de laboratorio, k80 = 30 μm

Flotación: 12 %S

Resultado Metalúrgico

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc. Cu	9.00	0.89			24.40		29.60				0.22		0.26			9.71		1.11		
Medio Cl III	17.20	1.69			15.09		36.10				0.26		0.61			11.47		2.60		
Medio Cl II	42.50	4.18			10.93		36.40				0.46		1.52			20.53		6.47		
Relave B	109.60	10.79			4.54		38.00				0.49		4.10			21.99		17.43		
Conc. Sev Cl I	30.70	3.02			9.94		37.95				0.30		1.15			13.49		4.88		
Relave A	806.60	79.42			0.64		20.00				0.51		15.88			22.82		67.51		
Total	1015.60	100.00									2.23		23.53			100.00		100.00		

CuOx 0.42 %

Combinación de Productos

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc Cl II	74.50	7.29			8.97		41.06				0.65		2.99				28.72		13.31	
Conc Cl I	111.30	10.90			7.32		41.65				0.80		4.54				35.00		20.17	
Medios	83.50	8.18			3.77		44.08				0.31		3.60				13.53		16.02	
Medio Cl I	128.60	12.59			2.74		44.21				0.34		5.57				15.12		24.74	
Conc Ro	239.90	23.49			4.86		43.02				1.14		10.11				50.12		44.91	
Conc Scavenger	44.50	4.36			1.57		42.75				0.07		1.86				3.00		8.28	
Relave General	827.50	81.02			1.60		17.78				1.30		14.41				56.89		64.02	

MARCO DE CONDICIONES PARA PRUEBA DE FLOTACIÓN

ETAPAS	REACTIVOS (gr/tn)							TIEMPO (min)			RPM	Impul.	%S	PH
	Cal	Mix	NaCN	Na2S	Z-11	MT-3682	FT-70	Molien.	Acond.	Flot.				
Molienda	1500		250	500				78.5			65		67	
Acond.						37.1			15		1680	G	12	10.1
Rougher I							30.8			5	1680	G	12	
Scavenger						10.6	4.4			1	1680	G	9	
Cleaner I										3	1680	M	11	10.5
Sev Cleaner I						2.7	4.4			3	1680	M	6	
Cleaner II			50			2.7			5	3	1600	M	5	10
Cleaner III			50							3	1600	M	4	10

1 gota MT = 0.0053 g

1 gota FT-70 = 0.0044 g

Na2S = 2 %

Cianuro = 1%

Celda de Flotación = 4 lt, 2 lt, 1 lt

Molienda: 78.5 minutos a 67% Solido en molino de laboratorio, k80 = 30 µm

Flotación: 12 %S

Resultado Metalúrgico

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICC						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %							
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %		
	Cab. Calculada		0.00	0.00	2.23	0.00	23.53	0.00														
	Cab. Ensayada		2.30				22.00		0.27													
Conc. Cu	9.00	0.89			24.40	29.60				0.22	0.26				9.71		1.11					
Medio Cl III	17.20	1.69			15.09	36.10				0.26	0.61				11.47		2.60					
Medio Cl II	42.50	4.18			10.93	36.40				0.46	1.52				20.53		6.47					
Relave B	109.60	10.79			4.54	38.00				0.49	4.10				21.99		17.43					
Conc. Sev Cl I	30.70	3.02			9.94	37.95				0.30	1.15				13.49		4.88					
Relave A	806.60	79.42			0.64	20.00				0.51	15.88				22.82		67.51					
Total	1015.60	100.00									2.23	23.53				100.00		100.00				

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc Cl II	26.20	2.58			18.29		33.87				0.47		0.87			21.18			3.71	
Conc Cl I	68.70	6.76			13.74		35.43				0.93		2.40			41.71			10.19	
Medios	59.70	5.88			12.13		36.31				0.71		2.13			32.00			9.07	
Medio Cl I	140.30	13.81			5.72		37.99				0.79		5.25			35.48			22.30	
Conc Ro	209.00	20.58			8.36		37.15				1.72		7.64			77.18			32.49	
Relave General	916.20	90.21			1.11		22.15				1.00		19.99			44.81			84.94	
MARCO DE CONDICIONES PARA PRUEBA DE FLOTACIÓN																				
ETAPAS	REACTIVOS (gr/tn)							TIEMPO (min)			RPM	Impul.	%S	PH						
	Cal	Mix	NaCN	Na2S	Z-11	MT-3682	FT-70	Molien.	Acond.	Flot.										
Molienda	1500		250	500				78.5			65		67							
Acond.						26.5			5		1680	G	12	11.5						
Rougher I							30.8			6	1680	G	12							
Remolienda	300		50					40			65		67							
Cleaner I										8	1680	M	10	11.5						
Sev Cleaner I						5.3	4.4			3	1680	M	7							
Cleaner II										3	1600	M	3	11.5						
Cleaner III										3	1600	M	1	11.4						

1 gota MT = 0.0053 g

1 gota FT-70 = 0.0044 g

Na2S = 2 %

Cianuro = 1%

Celda de Flotación = 4 lt, 2 lt, 1 lt

Cab. Calculada	0.00	0.00	2.21	0.00	22.16	0.00
Cab. Ensayada			2.30	22.00		0.27

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc. Cu	6.00	0.60			36.00		27.05				0.22		0.16			9.75			0.73	
Medio Cl III	17.90	1.79			20.04		30.80				0.36		0.55			16.20			2.49	
Medio Cl II	36.00	3.60			12.44		34.95				0.45		1.26			20.23			5.68	
Rlv. Sev Cl I	111.70	11.17			4.54		38.15				0.51		4.26			22.90			19.23	
Conc. Sev Cl I	6.40	0.64			11.34		36.10				0.07		0.23			3.28			1.04	
Conc. Scavenger	14.40	1.44			6.60		35.55				0.10		0.51			4.29			2.31	
Relave	807.80	80.76			0.64		18.80				0.52		15.18			23.35			68.52	
Total	1000.20	100.00									2.21		22.16			100.00			100.00	

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc Cl II	23.90	2.39			24.05		29.86				0.57		0.71			25.95			3.22	
Conc Cl I	59.90	5.99			17.07		32.92				1.02		1.97			46.18			8.90	
Medios	53.90	5.39			14.96		33.57				0.81		1.81			36.43			8.16	
Medio Cl I	118.10	11.81			4.91		38.04				0.58		4.49			26.18			20.27	
Conc Scavenger	14.40	1.44			6.60		35.55				0.10		0.51			4.29			2.31	
Conc Ro	178.00	17.80			9.00		36.32				1.60		6.46			72.36			29.17	
Relave General	807.80	80.76			0.64		18.80				0.52		15.18			23.35			68.52	

MARCO DE CONDICIONES PARA PRUEBA DE FLOTACIÓN														
ETAPAS	REACTIVOS (gr/tn)							TIEMPO (min)			RPM	Impul.	%S	PH
	Cal	Mix	NaCN	Na ₂ S	Z-11	MT-3682	FT-70	Molien.	Acond.	Flot.				
Molienda	1500		250	500				78.5			65		67	
Acond.						31.8			15		1680	G	12	10.5
Rougher							44			7	1260	G	12	
Scavenger						10.6	8.8			1	1260	G	10	
Remolienda	300		100					40			65		67	
Cleaner I							13.2			5	1300	M	8	11
Sev Cleaner I						5.3				1	1300	M	6	
Cleaner II			50				13.2			4	1300	M	3	11
Cleaner III			50				17.6			4	1300	M	1	11

1 gota MT = 0.0053 g

1 gota FT-70 = 0.0044 g

Cianuro = 1 %

Cab. Calculada	0.00	0.00	2.38	0.00	22.63	0.00
Cab. Ensayada			2.30		22.00	0.27

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc. Cu	35.40	3.50			21.40		31.50				0.75		1.10			31.55		4.88		
Medio Cl III	23.30	2.31			12.68		35.00				0.29		0.81			12.31		3.57		
Medio Cl II	50.50	5.00			8.96		37.35				0.45		1.87			18.85		8.25		
Rlv Sev Cl I	84.00	8.31			4.19		39.10				0.35		3.25			14.64		14.36		
Conc. Sev Cl I	20.20	2.00			6.82		39.95				0.14		0.80			5.73		3.53		
Conc. Scavenger	18.00	1.78			2.04		38.95				0.04		0.69			1.53		3.07		
Relave	779.30	77.10			0.47		18.30				0.37		14.11			15.39		62.36		
Total	1010.70	100.00									2.38		22.63			100.00		100.00		

PRODUCTOS	PESO		ANÁLISIS QUIMICO						CONTENIDO DE FINOS						DISTRIBUCIÓN %					
	gr	%	Ag oz/TM	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %	Ag	Pb	Cu	Zn	Fe	As	Ag %	Pb %	Cu %	Zn %	Fe %	As %
Conc Cl II	58.70	5.81			17.94		32.89				1.04		1.91			43.86		8.44		
Conc Cl I	109.20	10.80			13.79		34.95				1.49		3.78			62.71		16.69		
Medios	73.80	7.30			10.13		36.61				0.74		2.67			31.15		11.81		
Medio Cl I	104.20	10.31			4.69		39.26				0.48		4.05			20.38		17.89		
Conc Scavenger	18.00	1.78			2.04		38.95				0.04		0.69			1.53		3.07		
Conc Ro	213.40	21.11			9.35		37.06				1.97		7.82			83.08		34.58		
Relave General	779.30	77.10			0.47		18.30				0.37		14.11			15.39		62.36		

ANEXO 02: Matriz de Consistencia

Título: Tratamiento del mineral de cobre arsenical con el fin de obtener concentrado de cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín - 2021				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA MÉTODO
¿Qué tratamiento del mineral de cobre arsenical se pueda realizar con el fin de obtener cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín?	Determinar el tratamiento del mineral de cobre arsenical que se pueda realizar con el fin de obtener cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín.	Si determinamos el tratamiento del mineral de cobre arsenical entonces podemos obtener el concentrado de cobre en la Empresa Minera Perú Sol S.A.C. Junín.	Tratamiento del mineral de cobre arsenical	Aplicada - Cuantitativa
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE	TIPO
1. ¿Cuál será el grado de molienda primaria para seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido? 2. ¿Cuál será el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación para la recuperación del concentrado de cobre? 3. ¿Cuál será el pH en el <u>rougher</u> y <u>cleaner</u> en la recuperación del concentrado de cobre? 4. ¿Cuál será la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa para la recuperación del concentrado de cobre?	1. Determinar el grado de molienda primaria para seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido. 2. Determinar el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación para la recuperación del concentrado de cobre. 3. Determinar el pH en el <u>rougher</u> y <u>cleaner</u> en la recuperación del concentrado de cobre. 4. Determinar la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa para la recuperación del concentrado de cobre.	1. Si determinamos el grado de molienda primaria entonces podemos seleccionar la malla adecuada al tamaño requerido. 2. Si determinamos el porcentaje de sólidos en pulpa de flotación entonces podemos hacer la recuperación del concentrado de cobre. 3. Si determinamos el pH en el <u>rougher</u> y <u>cleaner</u> entonces podemos hacer la recuperación del concentrado de cobre. 4. Si determinamos la dosificación de los depresores de hierro en la pulpa entonces podemos realizar la recuperación del concentrado de cobre.	Recuperación del cobre	Experimental <div style="text-align: center;">DISEÑO</div> Explicativa