



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METARLURGIA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD



El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **Tesis** cuyo título es:

"ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LA CAL Y DE LA SODA CÁUSTICA EN LA REGULACIÓN DEL PH DURANTE LA FLOTACIÓN DEL PLOMO EMPLEANDO AEROFLOAT A – 242 – NASCA - 2022"

Presentado por:

QUISPE CONDOR JEISA HILARY

Estudiante del nivel PREGRADO de la **Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia**. El resultado obtenido es 03% por el cual se otorga el calificativo de:

(APROBADO, Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad)

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

APROBADO OBTUVO EL 03% (MENOR O IGUAL AL 20% REQUERIDO)

Ica, 21 de junio de 2023

.....
DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA

“UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia



Tesis:

“Estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A – 242 – Nasca – 2022”

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Línea de investigación: Metalurgia extractiva de metales.

Autora: QUISPE CONDOR JEISA HILARY

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**NASCA – PERU
2023**

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles y el gran apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo y por compartir conmigo buenos y malos momento.

A mis docentes, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

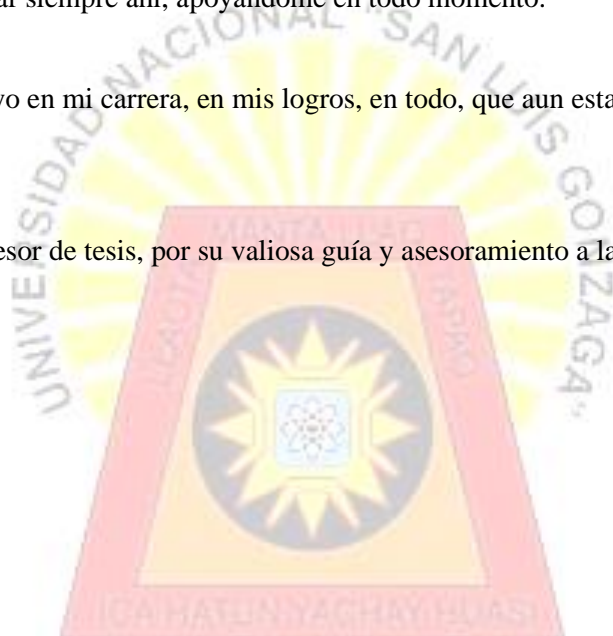
A mi padre, que con su demostración de un padre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi madre que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanos por estar siempre ahí, apoyándome en todo momento.

A mi abuela por ser apoyo en mi carrera, en mis logros, en todo, que aun estando lejos la llevo siempre en mi corazón.

Al Ing. Alberto Peña, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.



INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	01
DEDICATORIA	02
AGRADECIMIENTO	03
ÍNDICE DE CONTENIDOS	04
ÍNDICE DE TABLAS	05
ÍNDICE DE FIGURAS	06
RESUMEN	07
ABSTRACT	08
I. INTRODUCCIÓN	09
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	12
2.1. Antecedentes.	12
2.2. Marco teórico.	15
2.2.1. Reactivos modificadores.	15
2.2.2. Flotación de los minerales de plomo.	19
2.3. Marco conceptual.	24
2.4. Estrategia metodológica	26
2.5. Procedimiento experimental	26
III. RESULTADOS.	33
IV. DISCUSIÓN.	49
V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES.	52
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.	53
VIII. ANEXOS.	54

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1. Análisis químico del mineral.	33
Tabla 3.2. Análisis mineralógico cualitativo del mineral.	34
Tabla 3.3. Resultado de la moliendabilidad del mineral.	35
Tabla 3.4. Condiciones de flotación del mineral para establecer la concentración adecuada del colector A-242	36
Tabla 3.5. Determinación de la concentración del colector Aerofloat 242.	37
Tabla 3.6. Condiciones para la flotación del mineral empleando el colector A-242	38
Tabla 3.7. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,5 g de cal	39
Tabla 3.8. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,6 g de cal	40
Tabla 3.9. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,7 g de cal	41
Tabla 3.10. Plomo recuperado en la flotación por espuma empleando diversas concentraciones de cal como modificador de pH	42
Tabla 3.11. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,5 g de soda caustica.	43
Tabla 3.12. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,6 g de soda caustica.	44
Tabla 3.13. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,7 g de soda caustica.	45
Tabla 3.14. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,8 g de soda caustica.	46
Tabla 3.15. Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,9 g de soda caustica.	47
Tabla 3.16. Plomo recuperado en la flotación por espuma empleando diversas concentraciones de soda caustica como modificador de pH	48

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Escala de pH.	18
Figura 2. Medidor digital de pH.	18
Figura 3. Medidor de mesa para determinar el pH.	19
Figura 4. Galena Cristalizada.	23
Figura 5. Galena en una muestra compleja.	24
Figura 6. Phchímetro de mesa.	28
Figura 7. Balanza analítica.	28
Figura 8. Chancadora de quijadas de laboratorio.	29
Figura 9. Molino de bolas de laboratorio	30
Figura 10. Celda de flotación Denver.	31

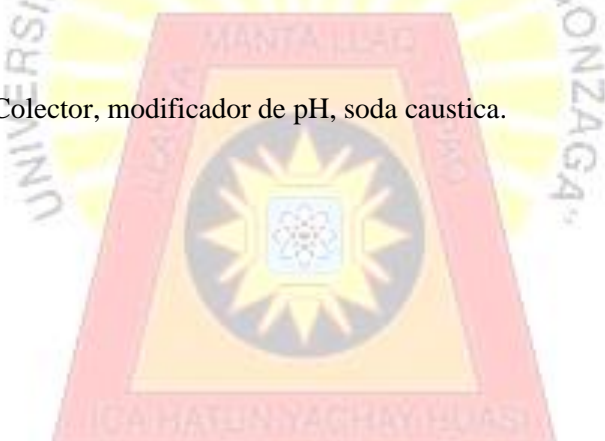


RESUMEN

La presente investigación titulada **Estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A-242-Nasca-2022.**

Se ha desarrollado en base a dos partes fundamentales una teórica y otra experimental, su diseño es experimental y su tipo aplicada en la cual se ha hecho un estudio comparativo de la aplicación de dos modificadores de pH para la flotación de mineral sulfurosos de plomo empleando un colector del grupo de los ditiofosfato. Los reactivos modificadores fueron la cal y la soda caustica y el colector: el aerofloat A-242. Las pruebas experimentales realizadas han reportado que la cal es el reactivo modificador de mayor eficiencia, ya que se requiere de una menor cantidad (0,7 g) en la dosificación y actúa durante el proceso de flotación como depresor de las piritas. En cambio, la soda caustica requiere de una dosificación mayor para alcanzar el pH adecuado el cual 11,4 y la cantidad de soda caustica 0,9 g. con la desventaja de tener que disolver el reactivo para poder utilizarlo. Otra de las ventajas de la cal es su dosificación directa y que puede ser agregada con el mineral durante la molienda húmeda.

PALABRAS CLAVES: Colector, modificador de pH, soda caustica.



ABSTRACT

The present investigation entitled Comparative study to determine the efficiency of lime and caustic soda in the regulation of pH during lead flotation using aerofloat A-242-Nsaca-2022.

It has been developed based on two fundamental parts, one theoretical and the other experimental, its design is experimental and its type applied in which a comparative study has been made of the application of two pH modifiers for the flotation of lead sulphide ore using a collector of the dithiophosphate group. The modifying reagents were lime and caustic soda and the collector: the aerofloat A-242. The experimental tests carried out have reported that lime is the most efficient modifier reagent, since a smaller quantity (0.7 g) is required in the dosage and it acts as a depressant of pyrites during the flotation process. On the other hand, caustic soda requires a higher dosage to reach the proper pH, which is 11.4 and the amount of caustic soda 0.9 g. with the disadvantage of having to dissolve the reagent in order to use it. Another of the advantages of lime is its direct dosing and that it can be added with the mineral during wet grinding.

KEY WORDS: Collector, pH modifier, caustic soda.



I. INTRODUCCIÓN

El plomo en la naturaleza no se encuentra conformando minerales aislados exclusivamente de galena sino mezclado con otros minerales de cobre, zinc, hierro, todos ellos como sulfuros que están entrelazados, encapsulados, formando agrupaciones de las cuales físicamente es difícil de separar, lo que hace muy difícil su tratamiento mediante procedimientos hidrometalúrgicos como la flotación por espuma. Al respecto se han realizado una serie de investigaciones, las cuales han propuesto el empleo de diversos reactivos entre ellos colectores, espumante y modificadores, realizando experiencias de laboratorio y procedimientos industriales que han dado en algunos casos resultados positivos pero que no se logra recuperar el 100% del contenido de plomo. Por otro lado, en todos los procesos de flotación se ha podido comprobar que los reactivos empleados funcionan bien en un medio alcalino y es en este sentido que en la presente investigación se desarrollaron ensayos para determinar que reactivo modificador de pH funciona mejor o la cal o la soda caustica cuando se emplea como colector el aerofloat 242 (A-242) que es un ditiofosfato muy poco usado en este tipo de recuperaciones hidrometalúrgicas.

Planteamiento del problema.

En la flotación de minerales se emplean ciertos reactivos llamados modificadores por el efecto que producen durante el proceso de flotación. Estos reactivos principalmente controlan la acción del colector, aumentando o disminuyendo el efecto hidrofóbico sobre la superficie mineral, permitiendo de esta manera más selectiva la acción del colector hacia ciertos minerales, asegurando una mejor precisión en la separación eficiente, razonable y económica de ellos. Estos reactivos modificadores en el proceso de flotación cumplen varias funciones que tienen como objetivo modificar las condiciones de la superficie del mineral, para la mejor acción de los reactivos, actuando como depresores, dispersantes y modificadores de pH. Estos reactivos actúan sobre el colector y lo que se busca es seleccionar aquel modificador que permita una mejor función de los colectores.

La flotación de minerales de plomo es muy complicada y en general se ha llevado a cabo en muchas plantas hidrometalúrgicas, con colectores del tipo xantogenatos, de los cuales los xantatos son los de mayor uso; pero en el desarrollo del proceso se presentan muchas dificultades que es necesario superar. Para esto en el presente proyecto de investigación se plantea el empleo de un reactivo colector del grupo de los ditionofosfatos, el A- 242, el cual debe de interactuar con un modificador de pH, entre estos modificadores se plantea el uso de la cal y de la soda cáustica, los cuales van a ser evaluados experimentalmente para establecer cuál de ellos es el que mejor se comporta en el proceso de flotación de los minerales sulfurados de plomo.

Problema general:

¿Es posible desarrollar un estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A-242-Nasca-2022?

Problemas específicos.

- a. ¿En qué medida la cal es un regulador de pH eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022?
- b. ¿En qué medida la soda cáustica es un regulador de pH eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022?

Objetivo General.

Desarrollar un estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A-242-Nasca-2022.

Objetivos específicos.

- a. Determinar en qué medida la cal es un regulador de pH eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022.
- b. Determinar en qué medida la soda cáustica es un regulador de pH eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022.

Hipótesis general.

Desarrollar un estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A-242-Nasca-2022, es posible

Hipótesis específicas.

- a. La cal es un regulador de pH muy eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022
- b. La soda cáustica es un regulador de pH poco eficiente para la flotación de minerales sulfurosos de plomo empleando el colector A-242-Nasca-2022.

Variable independiente:

Eficiencia de la cal y de la soda cáustica.

Variable dependiente.

Flotación de minerales sulfurosos de plomo.

Justificación e importancia de la investigación.**Justificación teórica:**

La presente investigación se justifica desde el punto de vista teórico porque aborda el estudio del comportamiento de los colectores del grupo ditionofosfatos como el A-242 frente a modificadores de pH como la cal y la soda cáustica para establecer experimentalmente cuál de ellos se comporta mejor en la recuperación del plomo.

Justificación metodológica:

Desde el punto de vista metodológico el estudio plantea el estudio experimental, por lo que la investigación tendrá un diseño experimental y para demostrar la hipótesis se realizarán diversos ensayos que permitan una máxima recuperación de plomo y de mejor calidad, empleando lo mínimo de reactivos a fin de que el proceso sea rentable.

Justificación social:

Desde el punto de vista social la presente investigación se justifica porque se busca mejorar el estándar de vida de los trabajadores de las plantas de flotación al hacer más rentable el proceso de flotación de sulfuros de plomo y obtener mayores ganancias que mejoren su estándar de vida.

Justificación ambiental:

Desde el punto de vista ambiental la investigación se justifica porque la investigación trata de disminuir la contaminación ambiental por emisiones de reactivos contaminantes.



II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Antecedentes.

A nivel internacional

P. Sandoval [1] en su estudio presentado como tesis propone el empleo de una técnica no convencional para el tratamiento por flotación de minerales polimetálicos entre los que se encuentra el plomo. El estudio de tipo aplicado y de diseño experimental, llevó a cabo una serie de ensayos para demostrar su hipótesis. Los resultados reportados demuestran que el proceso más adecuado para tratar el mineral es la flotación bulk de Cu-Pb, descartando la esfalerita y posterior separación del Cu-Pb a través del método cianuro. Se propone esta separación porque se ha establecido que la concentración de sulfuros de cobre es mayor que la de plomo. De los buenos resultados del concentrado de plomo dependerá la implementación de una lixiviación con HNO₃ en autoclaves, para reducir emisiones de gases nocivos.

E. Mora [2] En el desarrollo de su investigación de diseño experimental sobre la flotación del plomo realizó ensayos con una solución acuosa en la cual se agregaron los componentes de las aguas residuales resultantes de una empresa productora de baterías de plomo. Utilizó como reactivo colector el xantato, que es ampliamente empleado en la flotación de minerales. Se estudió ciertas variables del proceso como el tamaño de la cadena hidrocarbonada del xantato empleado, la concentración del colector, el pH, el tiempo de contacto xantato-plomo y la concentración de espumante. La concentración de plomo en el efluente se determinó por espectrofotometría de absorción atómica. Se demostró que el método propuesto es eficiente, permitiendo no solo el plomo, sino también de otros metales pesados. Se ha demostrado que a partir de una solución con 20 mg por litro de Plomo se redujo el contenido a 0,65 mg por litro, ya que se redujo el plomo en un 96.8% con relación a la concentración inicial.

A. Tito [3] en su estudio sobre la flotación de minerales polimetálicos que contienen Cu-Pb-Zn, plantea la necesidad de utilizar otros colectores y reactivos modificadores que permitan una recuperación óptima de plomo, superando las dificultades que se presentan durante el uso de xantatos. Las pruebas experimentales realizadas para demostrar la hipótesis propuesta en su tesis se llevaron a cabo una serie de ensayos tendientes a demostrar que los ditionofosfatos o aerofloats, poseen la capacidad de recuperar un mayor porcentaje de plomo sin la necesidad de variar la tecnología que actualmente se emplea en la flotación de minerales polimetálicos.

C. Correa [4] en su tesis sobre la evaluación del pH en los procesos de flotación para recuperar plomo y cobre y molibdeno, pone en evidencia la necesidad de realizar una evaluación integral de todos los reactivos empleados. La investigación es de tipo aplicada, de diseño experimental y tiene como finalidad la evaluación del pH durante la flotación selectiva de cobre y como ello influye en el proceso metalúrgico especialmente con relación a la cal y a los xantatos en la recuperación del cobre en un medio de alta concentración de piritas. El mineral que se trata en

la planta es de bajo pH por lo que se requiere emplear lechada de cal, la cual no solo ofrece un medio alcalino, sino que además actúa como un depresor de la pirita lo que permite separar los sulfuros de plomo y cobre. En la planta, el control del pH se realiza mediante el flujo de lechada de cal enviado al proceso, desde los molinos hasta celdas de flotación. El consumo de este reactivo modificador ha aumentado en el último tiempo, debido al ingreso de minerales con acidez natural alta, por lo cual se desea una optimización en el uso de este insumo, uno de los más importantes que necesita una planta concentradora. Debido al gasto elevado de cal se hicieron estudios para bajar la concentración de este reactivo desde 9,5 a 8,6 con lo cual también se logra una flotación óptima de plomo-cobre.

R. García [5] en su tesis cuyo objetivo fue establecer el rol de diferentes agentes oxidantes en los mecanismos de oxidación incluidos en el proceso de flotación selectiva para la separación de sulfosales de cobre, de sulfuros de cobre, en los procesos industriales. En la tesis se plantea que no solo el potencial afecta el proceso sino también por los productos que se forman en la superficie mineral, los cuales dependen del agente oxidante seleccionado. Para demostrar esta hipótesis se hicieron las respectivas corridas con minerales como la calcopirita y la enargita bajo condiciones de flotación alcalina. El estudio involucró medidas de potencial y técnicas electroquímicas como voltamperometría cíclica (VC) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Los resultados fueron verificados mediante los métodos de adsorción y ángulo de contacto, así como caracterización superficial mediante técnicas como microscopía electrónica de barrido (MEB). Se empleó como agente oxidante agua oxigenada, lejía y permanganato de potasio. Los resultados indican que la enargita y la calcopirita tienen valores diferentes con un mismo reactivo oxidante en las mismas condiciones experimentales, lo cual implica que hay una oxidación diferente para cada mineral.

A nivel nacional

J. Colqui [6], plantea el uso de un colector diferente a los xantatos en la flotación de minerales sulfurados de plomo, con el fin de obtener un mejor rendimiento en el proceso. El estudio aborda también la evaluación de los reactivos modificadores que deben de trabajar con el reactivo A - 3418, manteniéndose el resto de variables constantes. Los estudios experimentales y de planta reportaron que este reactivo colector se comporta mejor que los xantatos y que el reactivo modificador más adecuado para su uso es la cal.

C. Benites [7], desarrolló un estudio para mejorar la calidad y la eficiencia en la recuperación de plomo, plata y zinc por método de concentración por flotación, a nivel experimental. Los resultados obtenidos mediante el blending en relación con el tratamiento normal ya que se mejora la calidad del proceso de recuperación del plomo, plata y zinc, aunque la recuperación del zinc es deficiente. En el estudio se demuestra que el empleo de los colectores A3418 y A208 permite una mejor recuperación del plomo. Por otro lado también se ha demostrado que la adición controlada y en menor concentración mejora la calidad del concentrado de plomo.

A. Azañero et al [8], presentaron un estudio sobre flotación de minerales oxidados de plomo, entre los cuales están: la cerusita y la anglesita, que por sus propiedades cristalográficas y por su mojabilidad no se pueden flotar bajo condiciones estándares, por lo cual se ha realizado este estudio para estudiar las propiedades de flotación, como la solubilidad, físico-química de superficie, termodinámica, contenido de finos y otros, como resultado del estudio los autores llegaron a la conclusión de que la anglesita es menos flotable que la cerusita, y que lo pueden hacer con xantatos amílico, reactivo de cadena hidrocarburico larga y colectores catiónicos como el alamine 26-D. La flotación de minerales oxidados se optimiza cuando primeramente se realiza la sulfurización antes de agregar el colector xantato, que permite obtener resultados óptimos. Este método se aplicó a un mineral polimetálico de galena, esfalerita y cerusita; con los cuales se ensayaron cuatro procedimientos, se experimentó dos, y con el esquema de flotación bulk Pb-Zn, seguida de flotación de óxidos, sulfurizando con sulfuro de sodio obteniendo excelentes resultados, teniendo en cuenta la complejidad del mineral.

J. Torres [9] en su tesis sobre la recuperación de metales tales como el plomo, cobre y zinc a partir de un mineral polimetálico, considera como un punto fundamental para la eficiente flotación, la selección de reactivos los cuales deben de ser compatibles entre si y con el mineral, de tal forma que permita ir separando los sulfuros de cada uno de los metales presentes; entre los reactivos de mayor importancia que se señalan en dicho trabajo se citan los reactivos reguladores de pH, ya que está demostrado que los otros reactivos que entran en el proceso dependen en gran parte de las condiciones de acidez o alcalinidad en el que se encuentra la pulpa, siendo las características básicas de la pulpa la que favorece en gran medida la flotación eficiente. La existencia de cierta cantidad de piritita en el mineral tratado y a la deficiente molienda que se lleva a cabo con los minerales refractarios, con lo cual es imposible liberar los metales la flotación se realiza con deficiencia ya que los reactivos no pueden actuar con la mayor selectividad, por esta razón es necesario realizar un estudio metalúrgico muy profundo que permita establecer los errores que se cometen en este método de recuperación de metales. Entre ellos cobre y plomo. Se plantea el estudio de evaluación metalúrgica, para mejorar la recuperación de Pb en el concentrado, la liberación de partículas, comportamiento de los reactivos de flotación, pH del medio que son la variable más importante. Los resultados muestran una ligera mejoría en el proceso de flotación a nivel laboratorio.

C. Alvarado y O. Plasencia [10], en su tesis hacen un estudio de la influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico. Las pruebas experimentales se llevaron a cabo en laboratorio en una celda Denver, donde se trató mineral pulverizado a malla -200 y con un contenido de plomo de 4,48% y de zinc de 14,82%. Cuando las pruebas se desarrollaron sin colector el resultado obtenido fue de 32,29% de plomo y cuando se empleó colector se llegó a

un 50,29%. Para la recuperación de zinc sin uso de colectores es de 49.38 % y con la dosificación de los dos colectores la recuperación es de 56.50%. Como se puede observar el estudio muestra que la recuperación de estos metales por flotación con y sin colector no se recupera mucho ya que los valores obtenidos apenas superan el 50% en algunos casos. Esto confirma la aceptación de la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de zinc.

A nivel local.

En las universidades de la ciudad de Ica, no se ha encontrado repositorios sobre el tema propuesto en esta investigación.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Reactivos modificadores.

Los reactivos modificadores son aquellos que tienen como función preparar la superficie del mineral para que adsorba o rechace ciertos reactivos y crear en la pulpa las condiciones para que se realice una flotación eficiente. En otras palabras, los reactivos modificadores modifican la superficie de los sulfuros o de la ganga para permitir o impedir que los colectores actúen sobre ellos, evitando de esta manera que floten. Estos reactivos constituyen una amplia cantidad de sustancias cuyas características principales son que no poseen propiedades ni colectoras ni de espumación y cumplen variadas actividades químicas, debido a ello se clasifican de la siguiente manera:

1. Reguladores de pH
2. Depresores
3. Activadores y reactivadores
4. Floculantes
5. Dispersantes
6. Sulfidizantes

Con relación al contexto de esta tesis los reactivos modificadores que nos interesan son los reguladores de pH.

Estos reactivos que modifican el medio (la pulpa) haciéndolo ácido o básico (alcalino); desde el punto de vista químico cambia la concentración del ion hidrógeno presente en la pulpa, lo cual permite incrementar o disminuir la adsorción del colector o la actividad de los otros reactivos. Los estudios experimentales y la práctica industrial han demostrado fehacientemente que el pH de la pulpa es fundamental para lograr efectos positivos en la flotación de minerales. Casi todos los reactivos que ingresan al proceso en mayor o menor medida dependen de los reactivos modificadores del pH, a tal punto que una de los parámetros que primeramente se deben de establecer con cierta precisión es el pH de la pulpa, el cual debe ser óptimo en todo momento para cualquier reactivo y cualquier mineral. Cabe mencionar que la gran mayoría de

las plantas hidrometalúrgicas donde se flotan minerales sulfurosos trabajan con la pulpa a un pH alcalino.

Los minerales que contienen o son sulfuros en presencia del agua o con el agua de la pulpa reaccionan formando ácido sulfúrico el cual baja el pH de la pulpa, es debido a esto que se requiere de un modificador de pH para elevarlo hasta niveles alcalinos generalmente entre 8 y 12.

Los reguladores de alcalinidad que más se emplean son la cal (óxido de calcio) y el carbonato de calcio llamada sosa calcinada. La soda cáustica o hidróxido de sodio se puede emplear, pero tiene poco uso en las plantas metalúrgicas. Para control del pH se emplea el ácido sulfúrico, el ácido fluorhídrico.

Los reactivos modificadores son aquellos que tienen como función preparar la superficie del mineral para que adsorba o rechace ciertos reactivos y crear en la pulpa las condiciones para que se realice una flotación eficiente. En otras palabras, los reactivos modificadores modifican la superficie de los sulfuros o de la ganga para permitir o impedir que los colectores actúen sobre ellos, evitando de esta manera que floten. Estos reactivos constituyen una amplia cantidad de sustancias cuyas características principales son que no poseen propiedades ni colectoras ni de espumación y cumplen variadas actividades químicas, debido a ello se clasifican de la siguiente manera:

1. Reguladores de pH
2. Depresores
3. Activadores y reactivadores
4. Floculantes
5. Dispersantes
6. Sulfidizantes.

Con relación al contexto de esta tesis los reactivos modificadores que nos interesan son los reguladores de pH.

Estos reactivos que modifican el medio (la pulpa) haciéndolo ácido o básico (alcalino); desde el punto de vista químico cambia la concentración del ion hidrógeno presente en la pulpa, lo cual permite incrementar o disminuir la adsorción del colector o la actividad de los otros reactivos. Los estudios experimentales y la práctica industrial han demostrado fehacientemente que el pH de la pulpa es fundamental para lograr efectos positivos en la flotación de minerales. Casi todos los reactivos que ingresan al proceso en mayor o menor medida dependen de los reactivos modificadores del pH, a tal punto que una de los parámetros que primeramente se deben de establecer con cierta precisión es el pH de la pulpa, el cual debe ser óptimo en todo momento para cualquier reactivo y cualquier mineral. Cabe mencionar que la gran mayoría de las plantas hidrometalúrgicas donde se flotan minerales sulfurosos trabajan con la pulpa a un pH alcalino.

Los minerales que contienen o son sulfuros en presencia del agua o con el agua de la pulpa reaccionan formando ácido sulfúrico el cual baja el pH de la pulpa, es debido a esto que se requiere de un modificador de pH para elevarlo hasta niveles alcalinos generalmente entre 8 y 12.

Los reguladores de alcalinidad que más se emplean son la cal (óxido de calcio) y el carbonato de calcio llamada sosa calcinada. La soda cáustica o hidróxido de sodio se puede emplear, pero tiene poco uso en las plantas metalúrgicas. Para control del pH se emplea el ácido sulfúrico, el ácido fluorhídrico.

pH

El pH desde el punto de vista práctico se puede definir como la medida de la actividad de iones hidrógeno en las soluciones o también como la medida de la acidez de una solución. Químicamente se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno, lo cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$\text{pH} \equiv -\log a_{\text{H}^+}$$

Donde:

a_{H^+} es la actividad del ión hidrógeno expresada en molalidad.

La **actividad** en este caso se define como la capacidad que tiene una solución electrolítica de reemplazar o proporcionar iones hidrógeno $[\text{H}^+]$ en una determinada concentración. La medición del pH se ve afectada por los siguientes factores:

- El solvente, que usualmente es el agua.
- La temperatura: esta afecta la actividad de los iones hidrógeno $[\text{H}^+]$ más no así a la concentración de iones hidrógeno, estos permanecen constantes.
- La presencia de otros iones en la solución, los cuales interactúan con los iones hidrógeno.

Definición de pH según la IUPAC

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) define el pH como la lectura dada por un pHmetro que se calibra o ajusta con soluciones con un pH conocido fijo (soluciones buffer de 4, 7 y 10).

Medición del pH

La medición del pH se hace con un instrumento llamado pH-metro o potenciómetro que es un instrumento electrónico que consta de electrodos que contiene una solución ácida conocida encerrada en una membrana de vidrio especial, mediante los cuales se hacen las mediciones a una temperatura estándar de 25°C. Cuando el electrodo se introduce en una solución, los hidrógenos de la solución se ponen en contacto con la membrana de vidrio y se puede medir el pH al compararlo con la solución ácida dentro del electrodo. La ventaja del pHmetro es la precisión en la medida.

Los indicadores son otra forma cualitativa de medir el pH. Un indicador es una sustancia que presenta un cambio visual cuando está a diferentes pH. Por ejemplo, el papel tornasol es rojo a pH menor a 5 (ácido) y azul a pH mayor a 8 (base).

Escala de pH



Fig.1. Escala de pH [3]

La escala de pH sirve para determinar la acidez o alcalinidad de una sustancia. En esta escala los valores van desde 0 hasta 14, donde el pH igual a 7 es neutro, cuando el pH es menor a 7 es ácido y cuando es mayor a 7 se considera básico.

Conceptos claves del pH

- El pH es la medida de la acidez de una solución.
- El pH disminuye cuando aumenta la acidez.
- El pH disminuye en una unidad por cada aumento en 10 veces de la actividad de H^+ .



Fig. 2. Medidor digital de pH [3]



Fig.3. Medidor de mesa para determinar el pH [4]

2.2.2. Flotación de los minerales de plomo.

En casi todos los yacimientos que existen en la corteza terrestre el plomo se encuentra junto con el zinc conformando minerales sulfurosos a los cuales se adjuntan los sulfuros de cobre y de hierro, estas últimas constituyen las piritas. Estos minerales en las plantas hidrometalúrgicas son tratados mediante la flotación por espuma, que constituye el método más efectivo para la recuperación de plomo y zinc. El proceso de flotación selectiva del mineral que contiene plomo y zinc depende de muchos factores entre los cuales se pueden nombrar los siguientes: granulometría del mineral de la alimentación, el reactivo colector, el reactivo espumante, el reactivo depresor, el reactivo activador, el pH de la pulpa, el relimpiado y la limpieza en las etapas de los concentrados rougher, etc. Debido a la complejidad de los minerales refractarios y sobre todo las bajísimas concentraciones de plomo y zinc en estos

hace cada vez más difícil la recuperación de estos metales por lo que las empresas dedicadas a este rubro se han visto obligadas a implementar nuevas tecnologías y recurrir a otros reactivos y métodos de recuperación. Incluso cuando se emplean nuevos métodos, los reactivos que casi siempre se han utilizado para la flotación de plomo ya no cumplen con los objetivos planteados por lo que se debe recurrir a otros reactivos y hacer los estudios previos para fijar concentraciones y parámetros con los cuales se va a trabajar, una vez establecidos estos ya se puede pasar de nivel laboratorio a nivel industrial para lograr resultados idóneos. Los reactivos para utilizar deben de ser compatibles con las otras sustancias que se utilizan en el proceso, es decir, todos los reactivos deben de ayudar a la flotación cumpliendo cada uno con su función sin interferir negativamente en la actividad del otro. Entre estos reactivos, los modificadores de pH cumplen una función primordial ya que de ellos permiten el correcto funcionamiento de los colectores, espumantes, depresores, etc. Haciendo de esta manera que el sistema pulpa-reactivos logre el máximo rendimiento y la recuperación del plomo sea mayor.

Minerales complejos sulfurados de Plomo y Zinc

Desde el punto de vista mineralógico se puede definir un mineral complejo como aquel que está conformado por sulfuros de múltiples metales como el cobre, zinc, plomo, hierro, lo cual hace difícil la recuperación selectiva de cada uno de ellos. Los minerales complejos en general están conformados por una matriz piritosa, en la cual diseminada o encapsulada están los sulfuros de plomo, que está representada por la galena (PbS), el sulfuro de zinc que es la esfalerita (ZnS) y la calcopirita que es un sulfuro doble de hierro y cobre (CuFeS₂). En estos casos los colectores empleados son del tipo tiol, siendo los de mayor uso los xantatos. Sobre estos reactivos colectores se han hecho múltiples investigaciones tanto teóricas como experimentales para establecer el mecanismo de reacción, explicando muchas veces su capacidad para llevar a cabo la adsorción del mineral a la burbuja que se forma en el proceso de flotación y que poco a poco se va acumulando en la parte superior de la celda de flotación formando una espuma estable. Uno de los problemas que se presenta con los xantatos es que estos reactivos no cuentan con selectividad alguna por lo que son efectivos para todo tipo de sulfuros. Por este motivo es que durante la flotación por espuma es necesario emplear otros reactivos que potencien las propiedades de los colectores, entre ellos los espumantes y los modificadores de pH. Por esta razón se busca nuevos reactivos colectores o se ensaya con colectores propuestos p en la teoría pero que no se le han dado una aplicación práctica como es el caso del A-242.

La característica más destacada de estos minerales es que la galena no flota sin la presencia de cianuro. Durante el tratamiento de algunos minerales, el tipo de modificador de pH es crítico en la flotación de galena donde la galena responde bien a la flotación solo en presencia de carbonato de sodio. Esto muestra que la función de los álcalis y depresores en la flotación diferencial de plomo-zinc es, de hecho, reducir los efectos nocivos de la oxidación superficial

de minerales y la presencia de sales solubles en los minerales. Los minerales bajos en pirita responden bien a la flotación y se pueden lograr excelentes resultados metalúrgicos utilizando un esquema de reactivo relativamente simple. Hace mucho tiempo se reconoció una gran variedad de minerales de plomozinc y las consiguientes enormes diferencias en las propiedades de flotación de un mineral a otro y se ha intentado clasificar los minerales de plomo-zinc de acuerdo con sus propiedades de flotación.

Oxido de calcio

El óxido de calcio (CaO), también conocido como cal viva, se utiliza comúnmente en la industria minera como reactivo en el proceso de flotación de minerales. La flotación es un proceso de separación de minerales que se basa en la capacidad de ciertos minerales para adherirse a burbujas de aire y flotar en la superficie de una suspensión acuosa. El CaO se utiliza como modificador de pH y depresor de minerales no deseados en la flotación de minerales. Varios estudios han demostrado que el uso de CaO como modificador de pH puede mejorar significativamente la recuperación de minerales valiosos, como el cobre y el zinc, en el proceso de flotación. Además, el CaO también puede actuar como depresor de minerales como la pirita y la calcopirita, que pueden interferir con la recuperación de minerales valiosos. El uso de CaO como modificador de pH y depresor de minerales en la flotación de minerales de plomo y zinc puede mejorar significativamente la recuperación de plomo y zinc, así como reducir la recuperación de minerales no deseados como la pirita.

En resumen, el óxido de calcio es un reactivo valioso en el proceso de flotación de minerales debido a su capacidad para actuar como modificador de pH y depresor de minerales no deseados. Su uso puede mejorar significativamente la recuperación de minerales valiosos y reducir la recuperación de minerales no deseados, lo que puede aumentar la eficiencia del proceso de flotación en la industria minera.

El óxido de calcio (CaO), también conocido como cal viva, es un compuesto químico inorgánico con una fórmula molecular de CaO. Es un sólido blanco, cristalino y alcalino que se produce a partir de la calcinación de la piedra caliza.

En la industria minera, el CaO se utiliza como reactivo en el proceso de flotación de minerales. Tiene varias propiedades fisicoquímicas que lo hacen adecuado para esta aplicación, incluyendo:

Alta basicidad: El CaO es un compuesto altamente alcalino con un pH de aproximadamente 12, lo que lo hace adecuado como modificador de pH en el proceso de flotación.

Baja solubilidad: El CaO es insoluble en agua, lo que lo hace adecuado para su uso en la flotación de minerales en una suspensión acuosa.

Alta reactividad: El CaO es altamente reactivo con agua, lo que lo convierte en un buen agente depresor para minerales no deseados en el proceso de flotación.

Varios estudios han demostrado que el uso de CaO en la flotación de minerales puede mejorar significativamente la recuperación de minerales valiosos al actuar como modificador de pH y depresor de minerales no deseados. El CaO también puede ayudar a reducir el consumo de otros reactivos en el proceso de flotación.

En cuanto a las propiedades del CaO, se sabe que es un sólido altamente reactivo y debe manejarse con cuidado para evitar lesiones. En contacto con agua, libera una gran cantidad de calor y puede causar quemaduras. También puede reaccionar con ácidos para producir gas de hidrógeno inflamable.

En resumen, el óxido de calcio es un compuesto inorgánico con propiedades fisicoquímicas útiles en la flotación de minerales en la industria minera. Actúa como modificador de pH y depresor de minerales no deseados, lo que puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso de flotación. Sin embargo, debe manejarse con precaución debido a su alta reactividad y potencial para causar lesiones si se maneja de manera inadecuada.

Soda cáustica (NaOH)

La soda cáustica, también conocida como hidróxido de sodio (NaOH), es un compuesto químico inorgánico con una fórmula molecular de NaOH. Es una sustancia altamente corrosiva y alcalina que se utiliza ampliamente en la industria, incluyendo la minería, como reactivo en el proceso de flotación de minerales.

En la flotación de minerales, la soda cáustica se utiliza principalmente como modificador de pH para ajustar el pH de la suspensión de mineral. Tiene varias propiedades fisicoquímicas que lo hacen adecuado para esta aplicación, incluyendo:

Alta basicidad: La soda cáustica es un compuesto altamente alcalino con un pH de aproximadamente 14, lo que lo hace adecuado como modificador de pH en el proceso de flotación.

Solubilidad: La soda cáustica es altamente soluble en agua, lo que lo hace adecuado para su uso en la flotación de minerales en una suspensión acuosa.

Alta reactividad: La soda cáustica es altamente reactiva con agua, lo que la convierte en un agente eficaz para la dispersión de partículas de mineral en la suspensión acuosa.

Se ha demostrado en varios estudios que la soda cáustica puede mejorar significativamente la recuperación de minerales en el proceso de flotación al ajustar el pH de la suspensión de mineral y mejorar la dispersión de partículas de mineral. Además, la soda cáustica también puede ayudar a reducir la cantidad de otros reactivos utilizados en el proceso de flotación.

En cuanto a las propiedades de la soda cáustica, es una sustancia altamente corrosiva y debe manejarse con precaución para evitar lesiones. También puede reaccionar con ácidos para producir gas de hidrógeno inflamable. Por lo tanto, se debe tomar precaución al manejar y almacenar la soda cáustica.

En resumen, la soda cáustica es un compuesto inorgánico utilizado en la industria minera como modificador de pH en el proceso de flotación de minerales. Tiene propiedades fisicoquímicas útiles para esta aplicación, incluyendo su alta basicidad, solubilidad y reactividad. Se ha demostrado que la soda cáustica puede mejorar la eficiencia del proceso de flotación y reducir la cantidad de otros reactivos utilizados en el proceso. Sin embargo, debido a su alta corrosividad y potencial para causar lesiones, debe manejarse con precaución en el lugar de trabajo.

Aerofloat A-242.

Es un ditiofosfato cresílico amoniacoal, se considera el colector líquido más selectivo y soluble en agua, Es un promotor fuerte y su uso es muy importante en la flotación de sulfuros de plomo y cobre, en presencia de sulfuros de hierro y zinc, en la cual la selectividad por las piritas es negativa. Su acción es rápida, debido a su solubilidad en agua en todas las proporciones; puede actuar en condiciones óptimas mezclado con otros promotores.

Galena.

La galena es el sulfuro de plomo que se encuentra en la naturaleza como mineral, constituye la mena más importante de plomo y uno de los minerales azufrados más abundantes. Cristaliza en el sistema cúbico, generalmente en combinación de cubos y octaedros. Es blanda, densa, frágil y de perfecta exfoliación, con intenso brillo metálico y polvo gris oscuro. La **galena** se forma en filones hidrotermales y se encuentra en rocas metamórficas o en depósitos volcánicos de sulfuros.

La galena es un mineral hidrotermal de media-baja temperatura típico, suele aparecer asociado a rocas ácidas (graníticas), y en rocas pegmatíticas. También se han descrito junto a yacimientos de rocas carbonatadas. La galena se asocia a menudo con minerales de plata y plata, denominada galena argentífera.



Fig. 4. Galena Cristalizada [9]

Las constantes físicas más importantes de la galena son las siguientes:

GRUPO:	Sulfuros
COMPOSICIÓN:	PbS
COLOR:	Gris plomizo
SISTEMA CRISTALINO:	Cúbico
HÁBITO CRISTALINO:	Cubos, cubos octaédricos
DUREZA:	2,5
FRACTURA:	Subconcoidea
EXFOLIACIÓN:	Perfecta
BRILLO:	Metálico
RAYA:	Gris plomizo
TRANSPARENCIA:	Opaco
PESO ESPECÍFICO:	7,6



Fig. 5. Galena en una muestra compleja [6]

2.3. Marco conceptual.

Mineral de cabeza:

Mineral que inicialmente ingresa a un proceso metalúrgico.

Celda de flotación:

Equipo donde se lleva a cabo el proceso de flotación de minerales el cual consta de un tanque y un agitador, este último está montado en un eje hueco que permite el ingreso del aire necesario para producir las burbujas que conformarán la espuma.

Cleaner:

Etapas donde se elimina la mayor cantidad de impurezas contenidas en las espumas de las rougher para dar como resultado el concentrado.

Concentrado:

Es el producto del proceso de flotación que contiene un alto contenido del mineral enriquecido.

Concentradora.

Es la planta o instalación donde se concentra o recupera los metales o minerales con un valor económico.

Dosificación.

Es la acción de agregar al proceso una determinada cantidad de reactivo, mediante un dispositivo que agrega una cantidad precisa en cada unidad de tiempo.

Flowsheet:

(Diagrama de flujo). Es una representación gráfica de la secuencia de operaciones realizadas durante el procesamiento de un mineral.

Galena:

Mineral de sulfuro de plomo, cristaliza en forma de cubos.

Humedad.

Porcentaje en peso del agua contenido en el mineral.

Ley.

Es el porcentaje de metal que hay en el mineral. Normalmente la ley se expresa en porcentajes cuando se trata de metales básicos y onzas por tonelada corta (onz./TC) u onzas por tonelada métrica (onz./TM) o g/TM cuando se trata de oro, plata u otro metal precioso.

Mineral.

Sustancia inorgánica que se halla en la superficie o en las diversas capas de la corteza terrestre, y que tiene un valor económico.

Muestra.

Una Porción pequeña de roca o de un depósito de mineral, que tiene la misma composición química que el mineral almacenado en el yacimiento.

pH.

Manera de expresar la concentración del ion hidrógeno con términos de potencias, el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno.

Relave:

Material resultante del proceso de concentración de minerales, que no contiene material valioso, se denomina también ganga y se desecha.

Rougher:

En esta etapa de la flotación se recibe la pulpa de cabeza procedente de los acondicionadores o del overflow de los ciclones de remolienda. Aquí flota la mayor parte de los sulfuros valiosos. Pero en estas celdas sólo obtendremos concentrados y relaves “provisionales”

Scavenger:

En esta etapa de la flotación se recibe como el relave del rougher y tratan de hacer flotar el resto de los sulfuros que no han podido flotar en las celdas de cabeza, ya sea por falta de tiempo, deficiente cantidad de reactivos, o por efectos mecánicos.

Bulk:

Flotación en masa.

2.4. Estrategia metodológica.

La presente investigación es de tipo aplicada porque con ella se busca que solucionar un problema técnico en la flotación de minerales de plomo en la cual se ha utilizado hasta la

fecha xantatos como colectores sin tener una recuperación óptima. Por su nivel la investigación es explicativa, ya que busca que relacionar ambas variables de estudio y por su diseño es experimental ya que se manipula la independiente: Eficiencia de la cal y de la soda cáustica. La población de estudio estuvo compuesta por los minerales sulfurosos de plomo que se almacena en las canchas de minerales de las plantas de flotación de minerales, mientras que la muestra estuvo constituida por 50 kg de mineral sulfurado de plomo que se sometió a un proceso de flotación empleando un colector perteneciente al grupo de los ditionofosfatos, el A-242 con el cual se ensayaron reactivos modificadores de pH como la cal y la soda cáustica a fin de establecer parámetros y un mejor rendimiento en la recuperación del plomo. Con esta muestra se hicieron pruebas de laboratorio para determinar experimentalmente los parámetros y cantidades que se deben de dosificar para lograr los objetivos planteados.

Las técnicas empleadas fueron las analíticas y los instrumentos los ensayos de laboratorio. Los datos obtenidos serán tratados estadísticamente.

2.5. Procedimiento experimental.

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

La recolección de muestras se llevó a cabo en la cancha de minerales de la planta Victoria, situada en la zona sur de la ciudad de Nasca, en la zona llamada Pampa Caballa esta es una planta hidrometalúrgica que procesa sulfuros de cobre y polimetálicos. El mineral que se deposita en la cancha es mineral polimetálico conteniendo cobre, plomo, zinc, pirita. El mineral requerido para el ensayo es la galena, por lo que se procedió a seleccionar este mineral, el cual contiene además sulfuro de zinc y calcopirita, y pirita. La muestra tomada fue de 50 kg. Se tomaron las muestras en sacos de rafia de 10 Kg cada uno y se sellaron para luego transportarlo a la Facultad de Minas y Metalurgia donde el mineral se sometió a tratamiento físico para reducir su tamaño y poder realizar los ensayos correspondientes.

CHANCADO Y MOLIENDA DE LA MUESTRA MINERAL.

El mineral que llega a la cancha de minerales de la planta es de una granulometría diversa conteniendo rocas de gran tamaño y polvo fino entre ambos hay partículas de variado tamaño por lo que previamente al tratamiento físico fue necesario tamizar el mineral, de tal forma que se separa todo el material que tiene una granulometría menor a malla #100, después de ello, se procedió al chancado del mineral en una chancadora de quijadas de laboratorio, y posteriormente, se llevó a cabo la molienda húmeda en un molino de bolas del laboratorio de metalurgia. De esta manera se obtuvo una pulpa de granulometría correspondiente para las corridas de flotación a nivel laboratorio que corresponde a un 60% del mineral a malla - 200. Una parte de la muestra se sometió a secado y luego a tamizado, para separar una muestra representativa para el análisis del mineral y su correspondiente caracterización.

ANÁLISIS DEL MINERAL.

Del mineral acondicionado se tomaron muestras representativas para realizar los diversos análisis que permitieron caracterizar el mineral a tratar. Los ensayos realizados fueron:

Análisis de plomo por volumetría

Se pesa 0,30 g de muestra de mineral tomada de la muestra representativa que previamente se a secado, se añade 10 mL de HNO₃ y se lleva a la plancha caliente hasta que desaparezcan los humos pardos que se generan al calentar, luego se saca de la plancha y se deja enfriar.

Una vez fría la muestra se agrega 10 mL de H₂SO₄ y nuevamente se coloca en la plancha a calentar durante 45 minutos, después de los cuales se baja de la plancha y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

Con una pizeta con chorros fuertes de agua destilada se lavan las paredes del vaso donde está la muestra hasta completar los 100 mL, después de lo cual se calienta hasta ebullición durante varios minutos y se deja enfriar.

La muestra fría se filtra en papel whatman N°42 y se lava el sólido que queda en el papel con ácido sulfúrico al 5% hasta completar los 200 mL.

El papel filtro con el precipitado se rompe en pequeños trozos que se echan en el vaso original y se agrega 50 mL de solución de acetato de amonio y se hace hervir por 5 minutos hasta total dilución del precipitado, luego se diluye hasta los 400 mL agregando una cucharada de ácido ascórbico y una de tiourea con 2 ó 3 gotas de indicador naranja de xilenol.

La muestra tratada se titula con una solución de EDTA hasta el viraje del color grosella a amarillo y se anota el gasto. El porcentaje de plomo se calcula con la fórmula:

$$\% \text{ Plomo de muestra} = \frac{\text{Volumen de EDTA} \times \text{factor}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

FLOTACIÓN DE SULFURO DE PLOMO Y COBRE

1. Objetivo:

Realizar pruebas experimentales para establecer la eficiencia de los reactivos modificadores de pH cal y soda caustica en la concentración de plomo presente en minerales que contienen también sulfuro de cobre, zinc y piritas.

2. Equipo y material que se utiliza:

- Balanza tecnoquímica
- Balanza analítica
- Molino de bolas de laboratorio con las siguientes dimensiones: tamaño 8 pulgadas de diámetro y 7,5 pulgadas de longitud
- Celda de flotación de laboratorio marca Denver tipo sub-A modelo D-12
- Plato de tentaduras
- Filtro de vacío y estufa de secado
- Potenciómetro o papel medidor de pH.



Fig. 6. Phchímetro de mesa [7]

- Agitador magnético
- Otros materiales: charolas, cubetas, probetas, alimentadores de reactivos.



Fig. 7. Balanza analítica [5]

3. Reactivos de flotación:
- Cal (Modificador de pH y depresor de pirita)
 - Soda caustica (modificador de pH)
 - Aerofloat 242 (Colector)
 - Cianuro de sodio NaCN y sulfato de zinc 0,020 (Depresor)
 - MIBC (Espumante)
 - Mineral pulverizado a malla -200.

4. Procedimiento:

4.1. Preparación de reactivos.

Se prepara soluciones del colector en la cantidad adecuada:

Aerofloat 242 0,070 g/L

El reactivo espumante MIBC se dosifica con gotero (1 gota igual a 20 mg).

4.2. Molienda del mineral

Se pesa 1 kilo de mineral chancado hasta una granulometría malla – 8 y echarlo al molino de bolas de laboratorio.

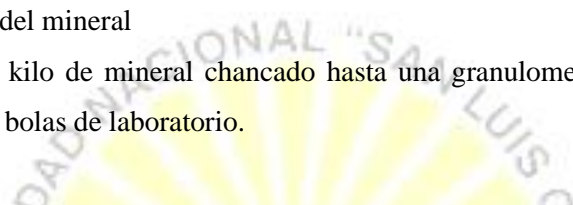


Fig. 8. Chancadora de quijadas de laboratorio [5]



Fig. 9. Molino de bolas de laboratorio [5]

Agregar 600 mL de agua que equivale aproximadamente a 62 – 65% de sólidos en la pulpa

Agregar 2 g de cal (o de soda caustica) para que se vaya mezclando con el mineral y modifique el pH de la pulpa y para que luego durante el proceso de flotación actúe como depresor de las piritas

Poner en funcionamiento el molino y mantener la molienda por 10 minutos para conseguir una molienda de mineral a 60% - 200 mallas.

5.1. Flotación

Terminada la molienda, descargar la pulpa del mineral molido directamente a la celda de flotación con un volumen útil de 4,3 L (con lo que se consigue un porcentaje de sólidos del 20% en la flotación)

Montar la celda en la máquina de flotación

Graduar la velocidad del impulsor a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

Accionar la máquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH, el cual debe estar entre 10 y 10.5 si es necesario ajustar agregando cal o soda caustica según sea necesario.



Fig. 10. Celda de flotación Denver [5]

Adicionar a la celda la cantidad seleccionada del colector y agitar por lo menos durante 2 minutos

Luego agregar 1 gota de espumante MIBC del frasco – gotero y agitar por 2 minutos más, manteniendo la válvula de aire sin abrir.

Seguidamente abrir la válvula del aire para iniciar el proceso de flotación, generándose en el interior de la pulpa la formación de burbujas de aire que se elevan hacia la superficie formando una capa de espuma que contiene los compuestos de cobre, constituyendo lo que se denomina concentrado.

Este concentrado se recibe en una charola, del cual se toma una pequeña muestra en un plato para verificar la calidad del producto obtenido (del concentrado).

Durante la flotación se debe de controlar el tiempo desde el inicio hasta el final del proceso.

5.2. Filtrado y secado de productos

De la flotación se obtienen tres fracciones de concentrado: concentrado, medios y colas, los cuales deben de ser decantados, y luego filtrados en un filtro de vacío. Si los productos no se decantan con facilidad entonces es necesario emplear un floculante para ayudar a su precipitación más rápida.

Cuando las colas o sea el producto más pesado no se asiente con rapidez, se puede tomar una muestra de 50 ó 100 g de sólido para hacer las pruebas químicas correspondientes.

El peso de las colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado.

5.3. Secado, pesado y preparación para el análisis.

Después de la filtración las fracciones se colocan en charolas y se llevan a secado en una estufa a una temperatura de 90 – 100°C, para luego disgregarlos y pesarlos y colocarlos en bolsas de papel debidamente rotuladas y cerradas herméticamente.



III. RESULTADOS

3.1. Resultados obtenidos.

Tabla 3.1
Análisis químico del mineral

Componente	Concentración, %
Plomo (Pb)	2,74
Cobre (Cu)	1,72
Hierro (Fe)	1,29
Zinc (Zn)	0,73
Azufre (S)	17,46
Oro (Au)	-
Plata (Ag)	-

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 3.1 muestra los resultados del análisis químico de la muestra de mineral polimetálico que contiene 2,74% de sulfuros de plomo (galena); 1,72% de cobre; 0,73% de zinc y 4,84% de hierro; así como un elevado contenido de azufre que alcanza el 17,46%. El reporte indica que el mineral tratado no contiene plata ni oro.

Tabla 3.2.

Análisis mineralógico cualitativo del mineral

Especie mineralógica	Observación
Calcopirita	+
Galena	++
Covelina	++
Pirita	+++
Blenda	+
Oro nativo	-
Plata nativa	-

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 3,2 muestra los resultados del análisis mineralógico cualitativo del mineral empleado en los estudios experimentales sobre la aplicación de modificadores de pH en la flotación del plomo, los resultados indican que en este mineral hay predominantemente: pirita en mayor proporción, seguido de covelina y calcopirita, blenda.

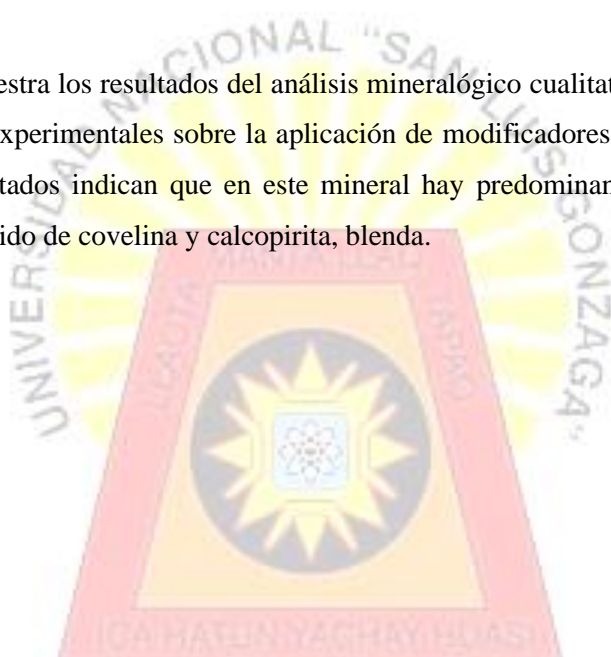


Tabla 3.3

Resultado de la moliendabilidad del mineral

Tiempo, min	% pasante malla #200
4	38,67
6	45,81
8	56,55
10	60,14
12	65,95
14	68,59

Fuente: Datos experimentales.

Condiciones de molienda:

Peso del mineral: 1000 gramos

Agua: 500 mL

Malla Tyler: #200

Llenado del molino 40%

Velocidad Crítica: 70%.

Porcentaje de Poros en el Lecho de Bolas: 40%

Tamaño de Bolas: 1", 1 ¼", 1 ½".

La tabla 3.3 muestra los resultados de la moliendabilidad del mineral empleado en los estudios experimentales, según los datos reportados en 10 minutos de molienda pasan a través de la malla #200, el 60% del mineral molido.

Tabla 3.4
 Condiciones de flotación del mineral
 para establecer la concentración adecuada del colector A-242

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 360
Granulometría del mineral, μm	200
Agua, L	1,800
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 500
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1350
Porcentaje de sólidos, %	30,9
pH	10,0
Cal (CaO), g	0,4
Espumante MIBC, mg/L	35
Colector A-242, mg/L	40, 50, 60, 70, 80,100
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.4 se dan a conocer los parámetros que permanecerán fijos en todos los ensayos a realizarse para establecer la concentración adecuada del colector A-242 a emplearse en los ensayos de flotación del plomo, por tanto, la única concentración a manipular será la del colector, la cual variará desde 40 hasta 100 mg/L, para este caso se empleó como espumante el MIBC en una concentración de 35 mg/L. Como modificador de pH se empleó cal en una concentración de 0,4 g llevando el pH a 10.

Tabla 3.5

Determinación de la concentración del colector Aerofloat 242

N° de ensayo	Colector A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	40	14,03
02	50	16,82
03	60	19,35
04	70	22,17
05	80	27,29
06	90	27,27
07	100	27,27

Fuente: Datos experimentales.

La tabla 3.5 se muestra los resultados de las pruebas realizadas con el colector aerofloat A-242, para seleccionar su concentración adecuada, según el reporte de laboratorio la concentración adecuada de este colector es de 80 mg/L, empleando como espumante el MIBC, en una concentración de 35 mg/L, que es la concentración que habitualmente se emplea en planta, la cantidad de plomo en el concentrado es de 27,32 g. Se empleó cal como modificador de pH y el pH fue 10,5.

Tabla 3.6

Condiciones para la flotación del mineral empleando el colector A-242

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 340
Granulometría del mineral, malla #	200
Agua, L	1,800
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 500
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1350
Porcentaje de sólidos, %	30,5
pH	10,5
Cal (CaO), g	0,5, 0,6, 0,7, 0,8
Soda caustica,	0,5, 0,6, 0,7, 0,8
Cianuro de sodio NaCN y sulfato de zinc 0,020	0,020
Espumante MIBC, mg/L	35
Colector A-242, mg/L	80
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,5 g de cal

N° ensayo	Cal, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,5	80	25,32
02	0,5	80	25,30
03	0,5	80	25,33
04	0,5	80	25,35
05	0,5	80	25,30
Promedio, g			25,32

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.7 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la cal en una concentración de 0,5 g que da un pH 10,0 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 25,32 g como promedio.

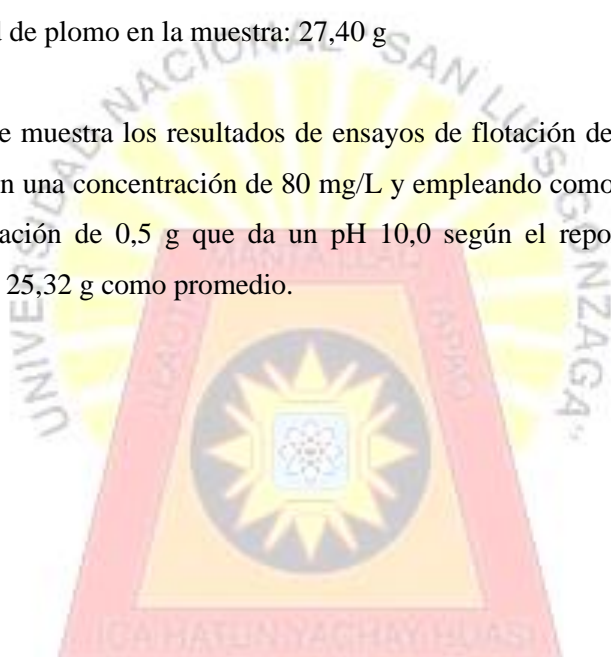


Tabla 3.8

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,6 g de cal

N° ensayo	Cal, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,6	80	26,58
02	0,6	80	26,55
03	0,6	80	26,57
04	0,6	80	26,57
05	0,6	80	26,56
Promedio, g			26,57

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.8 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la cal en una concentración de 0,6 g que da un pH 10,4 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 26,57 g como promedio.

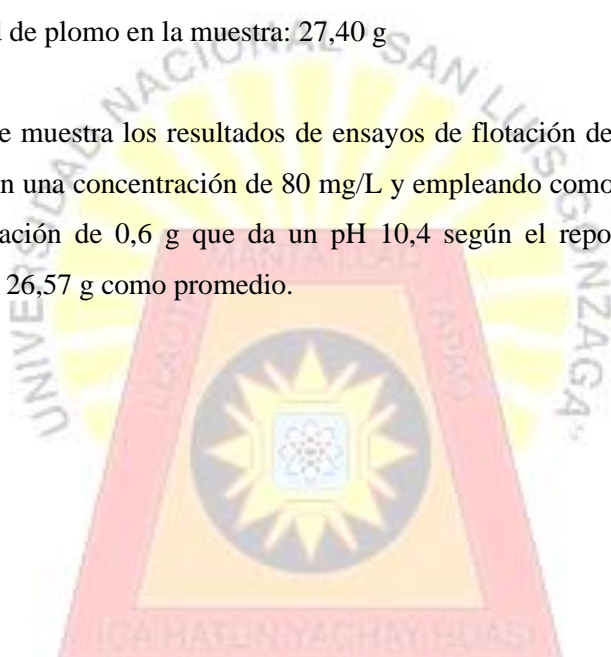


Tabla 3.9

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,7 g de cal

N° ensayo	Cal, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,7	80	27,38
02	0,7	80	27,39
03	0,7	80	27,39
04	0,7	80	27,40
05	0,7	80	27,40
Promedio, g			27,39

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.9 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la cal en una concentración de 0,7 g que da un pH 10,9 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 27,39 g como promedio.

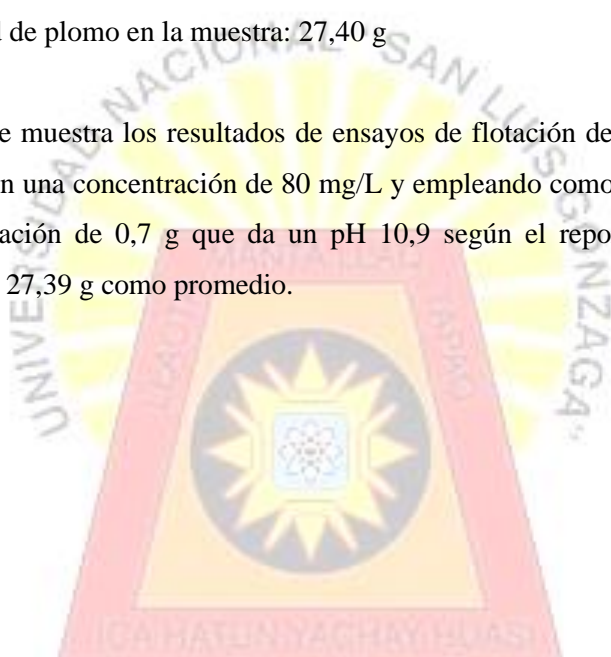


Tabla 3.10

Plomo recuperado en la flotación por espuma
empleando diversas concentraciones de cal como modificador de pH

Concentración de la cal, g	Plomo recuperado, g
0,5	25,32
0,6	26,57
0,7	27,39

Fuente: Datos de las tablas 3.7 -3.9

La tabla 3.10 muestra la variación de la concentración del plomo recuperado en el concentrado, empleando diversas dosificaciones de cal como modificador de pH, en el reporte se observa que conforme aumenta la cantidad de la cal aumenta la recuperación del plomo; con 0,5 g se recupera 25,32 g de plomo y con 0,9 g se recupera la totalidad de plomo en la muestra o sea 27,40 gramos



Tabla 3.11

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,5 g de soda caustica

N° ensayo	Soda caustica, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,5	80	24,19
02	0,5	80	24,21
03	0,5	80	24,18
04	0,5	80	24,20
05	0,5	80	24,20
Promedio, g			24,20

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.11 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la soda caustica en una concentración de 0,5 g que da un pH 9,6 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 24,20 g como promedio.

Tabla 3.12

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,6 g de soda caustica

N° ensayo	Soda caustica, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,6	80	25,43
02	0,6	80	25,44
03	0,6	80	25,43
04	0,6	80	25,44
05	0,6	80	25,42
Promedio, g			25,43

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.12 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la soda caustica en una concentración de 0,6 g que da un pH 10,4 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 25,43 g como promedio.

Tabla 3.13

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,7 g de soda caustica

N° ensayo	Soda caustica, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,7	80	25,97
02	0,7	80	25,97
03	0,7	80	25,96
04	0,7	80	25,97
05	0,7	80	25,96
Promedio, g			25,97

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.12 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la soda caustica en una concentración de 0,7 g que da un pH 10,8 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 25,97 g como promedio.

Tabla 3.14

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,8 g de soda caustica

N° ensayo	Soda caustica, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,8	80	26,65
02	0,8	80	26,67
03	0,8	80	26,66
04	0,8	80	26,65
05	0,8	80	26,66
Promedio, g			26,66

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.14 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la soda caustica en una concentración de 0,8 g que da un pH 11,2 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 26,66 g como promedio.

Tabla 3.15

Flotación del plomo empleando como el modificador de pH 0,9 g de soda caustica

N° ensayo	Soda caustica, g	A-242, mg/L	Pb recuperado, g
01	0,9	80	27,39
02	0,9	80	27,39
03	0,9	80	27,40
04	0,9	80	27,40
05	0,9	80	27,40
Promedio, g			27,40

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 27,40 g

En la tabla 3.15 se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el colector A-242 en una concentración de 80 mg/L y empleando como modificador de pH la soda caustica en una concentración de 0,9 g que da un pH 11,6 según el reporte la cantidad de plomo recuperado es de 27,40 g como promedio.

Tabla 3.16

Plomo recuperado en la flotación por espuma
empleando diversas concentraciones de soda caustica como modificador de pH

Concentración de soda caustica, g	Plomo recuperado, g
0,5	24,20
0,6	25,43
0,7	25,97
0,8	26,66
0,9	27,40

Fuente: Datos de las tablas 3.11 -3.16

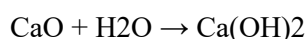
La tabla 3.16 muestra la variación de la concentración del plomo recuperado en el concentrado, empleando diversas dosificaciones de cal como modificador de pH, en el reporte se observa que conforme aumenta la cantidad de soda caustica aumenta la recuperación del plomo; con 0,5 g se recupera 24,20 g de plomo y con 0,9 g se recupera la totalidad del plomo en la muestra o sea los 27,40 gramos

IV. DISCUSIÓN

El desarrollo experimental de la presente tesis se hizo con la finalidad de determinar que modificador de pH es el que actúa con mayor eficiencia en el proceso de flotación de sulfuros que contienen plomo, cobre, zinc y hierro, en la que se empleó como colector un ditiofosfato el Aerofloat 242 (A-242) que es básicamente un ácido aril diitiofosfórico cuya capacidad espumante es mínima, es muy soluble en agua y muy selectivo, rápido y activo, se emplea en casos especiales cuando es imposible acondicionar el promotor con la pulpa. Para el caso de nuestra muestra mineral el A-242 se ha comportado con eficiencia bajo una concentración de 80 mg/L, lo que se puede considerar una cantidad normal de este reactivo.

El estudio ha sido comparativo, se ha empleado dos modificadores de pH: cal y soda caustica. Los ensayos experimentales realizados han permitido establecer que la cal es el reactivo que mejor comportamiento ha tenido, con una concentración de 0,7 gramos ha permitido recuperar el total de plomo presente en el mineral. En el caso de soda caustica se ha requerido de una mayor cantidad para lograr los mismos resultados, la concentración adecuada de este reactivo fue de 0,9 g y el pH al cual actúa fue de 11,4, lo que se considera francamente alcalino.

La cal empleada es el óxido de calcio sustancia que es soluble en agua y cuando se disuelve en esta forma lo que se denomina lechada de cal que el hidróxido de calcio, que químicamente constituye una base fuerte, la cual eleva la basicidad en la pulpa llevándola a pH superior a 9 lo que depende de la dosificación que se haga y de las necesidades de pH que requieran los reactivos y el mineral que se está tratando. La cal que se agrega al agua va a reaccionar de acuerdo a la siguiente ecuación química:



El hidróxido de calcio resultante es un hidróxido soluble en agua, es caustico, tóxico para los seres humanos y otros seres vivos, ataca los tejidos. En los ensayos realizados en esta tesis se han empleado concentraciones que van desde 0,5 g hasta 0,7 g, esta última concentración es la adecuada para recuperar el 100% del plomo que hay en la muestra.

En cuanto a la soda caustica, esta químicamente es el hidróxido de sodio (NaOH), obtenido industrialmente con un cierto grado de impurezas lo cual hace más barato su precio en el mercado, pero ofrece ciertas desventajas en el proceso pues tiene que ser disuelta previamente antes de su empleo, En la parte experimental de la tesis se hicieron ensayos con esta soda caustica, con dosificaciones que fueron entre 0,5 hasta 0,9 g. Comparando los resultados podemos advertir que se requiere de una mayor cantidad para lograr la total recuperación del plomo, esto se debe a que la soda caustica es una sustancia que posee un nivel de alto de impurezas que alcanza incluso el 5%. Estas impurezas influyen en el peso que se toma es menor al que se pesa ya que no se considera el peso de las impurezas.

La soda caustica es un sólido blanco cristalino inodoro que tiene la capacidad de absorber agua o humedad del medio ambiente, esto gracias a su propiedad higroscópica. Cuando se disuelve en agua o cuando reacciona con un ácido, se neutraliza y libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. Es una sustancia corrosiva y en contacto con el aire el cual contiene dióxido de carbono gaseoso, forma inmediatamente carbonato de sodio que se adhiere a la superficie de las lentejas de soda caustica dándole un aspecto blanquecino, que se debe al carbonato de sodio.

Desde el punto de vista funcional se ha podido determinar que el óxido de calcio ofrece mayores ventajas para la flotación de minerales de plomo, en principio porque es más barato, es de aplicación directa y no requiere de disolución previa, se requiere de una menor cantidad en comparación con la soda caustica, además de ello la cal ofrece una ventaja más cuando se trata minerales sulfurosos, tiene la propiedad de actuar como depresor de las piritas, lo que favorece la separación del plomo.



V. CONCLUSIONES

1. Mediante el estudio experimental se ha determinado que la cal es más eficiente que la soda caustica en la regulación del pH de las pulpas sulfurosas que contienen plomo y que se tratan con un colector ditofosfato como es el aerofloat A- 242.
2. La cal u óxido de calcio requiere de una menor dosificación para regular la pulpa a un pH adecuado y poder flotar los minerales que contienen sulfuros de plomo y que se tratan con el colector aerofloat 242.
3. La soda cáustica es un regulador de pH menos eficiente que la cal ya que requiere de una mayor dosificación para poder recuperar el plomo que está contenido en minerales sulfurosos y que se procesan con el colector A-242.



VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer pruebas experimentales con muestras de minerales que tengan las mismas características que las empleadas en la presente investigación y con los mismos reactivos para comprobar la viabilidad de su aplicación a nivel industrial.
2. Estudiar la posibilidad del empleo de carbonato de sodio como modificador en el proceso de flotación por espuma de un mineral con características similares al empleado en la presente tesis, la finalidad sería mantener el pH en el rango de alcalinidad para que el colector A-242 funcione de manera adecuada en un medio básico.



VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

- [1] P.Sandoval, “Propuesta técnica para el procesamiento de mineral polimetálico proveniente de la región de Coquimbo”, Tesis, Chile, Universidad Andrés Bello, 2018.
- [2] E. Mora et al, “Remoción de plomo de un efluente sintético vía flotación iónica utilizando xantato”, Tesis, España, Universidad de Oviedo, 2018.
- [3] A. Tito, “Optimización del proceso de flotación de concentrados de zinc y plata en el ingenio minero del Sur-sección “Rosicler” mediante diseño experimentales”, Tesis, Bolivia, Universidad de San Andrés, 2017.
- [4] J. Colqui, “Evaluación del colector pq-6293 en la flotación de minerales sulfurados de plomo – plata en la empresa Buenaventura Unidad Mallay 2017”, Tesis, Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2017.
- [5] C. Benites, “Tratamiento de minerales mediante el blending para mejorar la calidad de concentrado de plomo zinc de la minera Toropunto a nivel experimental-2019”, Tesis, Perú, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2019.
- [6] A. Azañero, “Flotación de minerales oxidados de plomo”, Tesis, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.
- [7] C. Correa, “Evaluación del efecto del pH y de los reactivos en la recuperación de cobre en circuito de flotación colectiva Cu-Mo en minera los pelambres”, Tesis, Chile, Universidad de Bio-Bio, Facultad de Ingeniería, 2019.
- [8] R. García, “Estudio electroquímico de los mecanismos de flotación selectiva de sulfosales de cobre en medio alcalino”, Tesis, Bolivia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2022.
- [9] J. Torres, “Estudio metalúrgico de recuperación de cobre en planta concentradora Huanzala”, Tesis, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa 2018.
- [10] C. Alvarado y O. Plasencia, “Influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera occidental 2 de Cajamarca S.R.L.”, Tesis, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019.

VIII. ANEXOS





Química
Universal

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUIMICOS (HDS)

Fecha de : oct-16
Versión : 1

1. Identificación de la mezcla y del proveedor

Nombre de la mezcla : Cal Viva
Código interno de la mezcla : 6064084411
Nombre del proveedor : QUIMICA UNIVERSAL LTDA.
Dirección : Lo Zañartu 092 - Quilicura
Teléfono de Emergencia en Chile : **CITUC (562) 26353800**
Fax : 627 9130
e-mail : VENTAS@QUIMICAUNIVERSAL.CL

2. Información sobre la mezcla

Nombre químico : Cal Viva
Fórmula Química : No tiene fórmula química definida, es una mezcla de sustancias compuestas básicamente por: CaO, OMg, Co3ca, O3fe3, O3AL2, ONa < 4%, OK < 4%, SiO2, arcillas, residuos.
Sinónimos : Cal común u ordinaria
Número Naciones Unidas : No tiene
Número CAS : No tiene

3. Identificación de los Riesgos

La reacción de apagado de la cal produce elevación de temperatura y elimina vapor del agua.

Los cuidados que hay que tener son:

- Aislar el producto del contacto con el agua.
- En caso de contacto con agua, controlar la reacción, ya sea evitando el contacto o agregando agua en exceso.
- El contacto del producto con la humedad ambiental produce el apagado de la cal, pero levemente, sin riesgo. Continúa la degradación hasta carbonato de calcio.

Clasificación de riesgo del producto químico: No tiene.

Símbolo de identificación: No corresponde.

Señal que especifique riesgo: No corresponde.

4. Medidas de primeros auxilios

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

- a) Inhalación** : Trabajar con el producto en lugares ventilados y con protección naso – bucal (mascarilla). Si se produce inhalación, retirarse a un lugar ventilado.
- b) Contacto con la Piel** : Trabajar con guantes y ropa de protección. En caso de contacto, eliminar el producto en seco y luego lavar con agua y jabón.
- c) Contacto con los Ojos** : Trabajar con antiparras durante el manipuleo del producto. Lavar con abundante agua durante varios minutos, consultar al médico.

d) Ingestión	:	En este caso es nocivo, lavar la boca con agua y derivar al centro asistencial. No se debe ingerir el producto.
Notas especiales para uso médico	:	El paciente ya derivado al médico, debe ser tratado por irritación producida durante el contacto con el producto. La eliminación del producto en la zona afectada se realiza antes de partir al centro de asistencia de salud.

5. Medidas para lucha contra el fuego

Agentes de extinción	:	El producto no produce fuego.
a) Procedimientos especiales para combatir	:	Procedimientos especiales: No existe riesgo especial.

6. Medidas para controlar derrames o fugas

Equipos de protección personal para atacar la emergencia	:	El equipo de protección del personal se conforma de: ropa de protección, guantes de caucho, antiparras, calzado de seguridad, mascarilla naso – bucal.
a) Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente	:	Las precauciones a tomar son durante el apagado de la cal, en el corto plazo se producirá la transformación a carbonato de calcio que es inerte para el medio ambiente.
b) Métodos de Limpieza	:	Recolección en seco. Los desechos se deben retornar a su envase de origen o similar. Este material puede ser reciclado como uso agrícola (abono). Es un regulador del PH.

7. Manipulación y Almacenamiento

7.1 Manipulación	:	Evitar contacto con la humedad para preservar el producto. Evitar el contacto con el agua.
7.2 Almacenamiento	:	
a) Condiciones de almacenamiento	:	Almacenar en un lugar cerrado y seco. Ventilar durante la manipulación.
b) Embalajes recomendados	:	Se recomienda sacos impermeables de 1.500 KGS.

8. Control de Exposición/Protección especial

a) Medidas para reducir la posibilidad de exposición	:	Contar con el EPP apropiado.
b) Parámetros para control	:	Transporte carretero, envases por 1.000 - 1.500 KGS.
Límite permisible ponderado (LPP)	:	1.6 mg/m ³
Límite permisible absoluto (LPA)	:	No corresponde
c) Equipos de protección personal	:	
Protección respiratoria	:	Usar trompa buco nasal, 95%
Guantes de protección	:	Guantes de caucho y/o descarme de seguridad
Protección de la vista	:	Antiparras
Otros equipos de protección	:	No Aplica

9. Propiedades Físicas y Químicas

a) Estado Físico	:	Sólido
b) Apariencia	:	Polvo Blanco
c) Olor	:	Rancio
d) Concentración	:	85% Máximo

9.1 Características

Temperatura de descomposición	:	No tiene
Punto de inflamación	:	No tiene
Punto de auto ignición	:	No tiene
Punto de inflamación, grad. C(F)	:	No tiene
Peligros de fuego o explosión	:	No tiene
Velocidad de propaganda	:	No tiene
Presión de vapor a 20° C	:	No tiene
Densidad de vapor	:	No tiene
Gravedad específica	:	3,19
Solubilidad en agua y otros solventes	:	Ligeramente

Químicas

Oca Activo	85,00 %	Ca (OH)2	1,50 % (Cal apagada)
Omg	1,00 %	Residuos	1,00 %
ONa	0,12 %	Arcillas	0,25 %
OK	0,03 %		
O3Fe2	0,045 %		
O3Al2	0,025 %		
SiO2	0,40 %		
CO3Ca	10,00% (Piedra Caliza)		

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad	:	Normalmente estable, excepto en presencia del agua. En contacto con agua produce una reacción de apagado que desprende calor y vapor de agua.
a) Condiciones que se deben evitar	:	Presencia de agua
b) Incompatibilidad (materiales que se deben	:	Aguas y ácidos
c) Prod. peligrosos de la descomposición	:	Ninguna
d) Polimerización peligrosa	:	No ocurre. En presencia de ácidos, desprende calor, anhídrido carbónico y/o vapor de agua.

11. Información Toxicológica

Toxicidad a corto plazo (Aguda)	:	No se observa
Toxicidad a largo plazo (Crónica)	:	No se observa

12. Información Ecológica

a) Inestabilidad	:	Inestable a la presencia de humedad
b) Persistencia/Degradabilidad	:	Degradable hasta inerte
c) Bio Acumulación	:	No aplica
d) Ecotoxicidad	:	Controlar la reacción de apagado. Aplicar en suelos con profesionales agrónomos. La cal viva se utiliza en la potabilización de agua, es aplicado en la agricultura como regulador natural del PH.

13. Consideraciones sobre Disposición Final

Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para disponer de la sustancia, residuos, desechos : Lavado.

Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para eliminación de envases / embalajes contaminados: : Reciclado. El big – bag es retornado a Argentina donde se elimina.

14. Información sobre Transporte

Información de transporte : Transporte en camiones rampas con big – bag de polipropileno de 1.500 Kg. A granel en camiones silos o tolvas con cierre hermético.



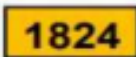
Disposiciones Especiales NCh 2190, marcas N° UN :
:

15. Normas vigentes

Normas internacionales aplicables : ASTM, DIN
Normas nacionales aplicables : IRAM, NCH
Marcas en Etiqueta : No aplicable

16. Otras Informaciones

Los datos consignados en esta hoja de datos fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados de **Química Universal Ltda.** la información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia. Considerando el uso de esta información y de los productos está fuera del control de **Química Universal Ltda.**, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD	 
	HIDRÓXIDO DE SODIO (NaOH) SODA CAUSTICA	

1. PRODUCTO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA	
Nombre Comercial:	Soda cáustica
Sinónimos:	Hidróxido sódico, Sosa teja, Jabón de piedra, E-524, Hidrato de sodio
Nombre IUPAC:	Hidróxido de sodio
Fórmula:	NaOH
Clasificación de peligro:	Corrosivo, clase B.
UN	1824
CAS:	1310-73-2
Uso recomendado del producto:	Fabricación de jabones, rayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. Procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos. También se usa como removedor de pintura y por los ebanistas para quitar pintura vieja de muebles de madera.
Detalles del fabricante y/o distribuidor:	
Nombre:	TRICHEM DE COLOMBIA S.A.S
Dirección:	Carrera 9 No. 113-52 Of. 1601 Edificio Torres Unidas 2
Sitio Web:	www.triconenergy.com
Teléfono:	60+1 5807154
Dependencia responsable para información:	Comercial
Horario:	8 a.m. – 5 p.m.
Número de emergencias:	123 -112-119
2. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE PELIGROS	
Clasificación de la sustancia Según el sistema globalmente armonizado	Corrosión cutánea (Categoría 1B) - Lesiones oculares graves (Categoría 1) Peligro para el medio ambiente acuático - peligro agudo (Categoría 3)
PALABRA DE ADVERTENCIA: Peligro INDICACIÓN(ES) DE PELIGRO:	H290 Puede ser corrosivo para los metales. H314 Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares graves. H402 Nocivo para los organismos acuáticos.

CONSEJO(S) DE PRUDENCIA:

P260 No respirar el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol.

P264 Lavarse cuidadosamente tras la manipulación.

P273 No dispersar en el medio ambiente.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P301 + P330 + P331

EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca.

NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338

EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos.

Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil.

Seguir aclarando.

P303 + P361 + P353 -

EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo):

Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas.

Enjuagar la piel con agua o ducharse. P304 + P340 -

EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P308 + P310

EN CASO DE EXPOSICIÓN MANIFIESTA O PRESUNTA:

Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico. Contacto con la piel: Es corrosivo.

Puede causar quemaduras severas.

Contacto con los ojos: Es corrosivo y puede causar daños permanentes e irreversibles. Inhalación:

Toxico; pueden causar problemas severos en la garganta y los pulmones. Ingestión: Toxico. Puede causar daños irreversibles.

Efectos crónicos:

La sobreexposición puede causar debilidad y fatiga muscular.

Pictograma de peligro



3. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

HIDRÓXIDO DE SODIO	CAS No.: 1310-73-2	%PESO: 50.0
AGUA	CAS No.: -----	PESO: Según concentración

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

- Llamar a los servicios médicos de emergencia.
- Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tome las precauciones para protegerse a sí mismos.
- Mueva a la víctima al aire no contaminado si se puede hacer de forma segura.
- Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.

- No realice la reanimación boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia; lávele la cara y la boca antes de administrar respiración artificial. Use una máscara de bolsillo equipada con una válvula unidireccional u otro dispositivo médico respiratorio adecuado.
- Suministrar oxígeno si respira con dificultad.
- Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminado
- En caso de contacto con la sustancia, enjuague inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos.
- Para contacto menor con la piel, evite esparcir el material sobre la piel que no esté afectada.
- Mantenga a la víctima calmada y abrigada.
- Los efectos de exposición a la sustancia por (inhalación, ingestión o contacto con la piel) se pueden presentar en forma retardada.

5. MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

Incendio Pequeño

- Polvos químicos secos, CO₂ o rocío de agua.

Incendio Grande

- Usar polvo químico seco, CO₂, rocío de agua o espuma resistente al alcohol.
 - Si se puede hacer de manera segura, aleje los contenedores no dañados del área alrededor del fuego.
 - Hacer un dique para recolectar las fugas resultantes del control del incendio para su desecho posterior.
- Incendio que involucra Tanques o Vagones o Remolques y sus Cargas
- Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice los dispositivos de chorro maestro o las boquillas de monitores.
 - No introducir agua en los contenedores.
 - Enfríe los contenedores con cantidades abundantes de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
 - Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.
 - SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego

DERRAME O FUGA

- ELIMINAR todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas) cercanas al área.
- No tocar los contenedores dañados o el material derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada.
- Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
- Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores.
- NO INTRODUCIR AGUA EN LOS CONTENEDORES.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Para los materiales resaltados:

vea la **Tabla 1**¹ - Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora.

- Para los otros materiales, aumente la distancia de acción inmediata de precaución, como sea necesario en la dirección del viento.

¹ **Tabla 1** En la Tabla 1 se incluyen los materiales que reaccionan con el agua y producen grandes cantidades de vapores tóxicos. Algunos de estos materiales tienen 2 entradas en la Tabla 1. Están identificados cómo (cuando es derramado sobre la tierra) ya que son materiales PTL y (cuando es derramado en el agua) porque adicionalmente producen gases tóxicos cuando se derraman en agua. Elija la distancia de acción protectora más grande si: • No está claro si el derrame es en agua o tierra, • El derrame ocurre tanto en agua como tierra.

Precauciones del medio ambiente: Evitar que el producto penetre en cauces de agua y en el sistema de alcantarillado. Restringir el acceso al área afectada. Los derrames al suelo deberán ser contenidos por diques de material inerte (arena, tierra, vermiculita, poliuretano espumado u otro dispositivo apropiado). Recoge el material derramado en recipientes apropiados y disponer de él en una instalación adecuada. Una vez recogido el derrame, neutralice el área afectada con un ácido diluido y lave posteriormente con abundante agua.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manipulación: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto.
Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias.
Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente.
Almacenamiento: Mantenga el producto en un lugar seco, fresco y bien ventilado; alejado de sustancias incompatibles.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Use el equipo de respiración autónoma (ERA) de presión positiva.
• Use la ropa de protección química que está específicamente recomendada por el fabricante cuando NO EXISTA RIESGO DE INCENDIO.
• La ropa de protección para incendios estructurales provee protección térmica pero solo protección química limitada.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado: Sólido en forma de gránulos o escamas
Color: Blanco cristalino
Peso molecular: 40 Olor: inodoro pH: de una solución peso/peso 0,05% >12; de una solución 0,5%: aproximadamente 13; solución al 5% >14 Punto de fusión: 319 - 322 °C
Punto de ebullición: 1.390 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación: No aplicable Gravedad específica: 2.13 g/cm³ a 25 °C
Calor de combustión: No es combustible
Calor de vaporización: 175 kJ/mol a 1388 °C
Viscosidad: 4.0 cP a 350°C

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química Higroscópico
Posibilidad de reacciones peligrosas Riesgo de explosión/reacción exotérmica con:
Acetona, Nitrilos, fosfuros, halógenos, halogenuros de halógeno, solventes clorados, Óxido de etileno, Hidrato de hidrazina, hidroxilamina, anhídridos, Peróxidos, acroleína, Cloruros de ácido, Ácidos, Ácido sulfúrico, sal de plata, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, nitrocompuestos orgánicos, Agua.
Metales, Metales ligeros
Puede formarse: Hidrógeno Compuestos de amonio, inflamables orgánicos, fenoles Desprendimiento de gases o vapores peligrosos con: persulfatos, sodio borohidruro, Óxidos de fósforo
Condiciones que deben evitarse: Exposición a la humedad.
Materiales incompatibles:
Aluminio, latón, Metales, aleaciones metálicas, Cinc, Estaño
Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

TÓXICO; la inhalación, ingestión o contacto del material con la piel, puede causar lesiones severas o la muerte.
• El contacto con sustancia fundida puede causar severas quemaduras en la piel y los ojos.
• Evitar cualquier contacto con la piel.



Código: A1-LO-01; Versión: 05; Vigencia: 05/2022

- Los efectos de contacto o inhalación se pueden presentar en forma retardada.
- El fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos.
- Las fugas resultantes del control del incendio o de la dilución con agua, pueden ser corrosivas y/o tóxicas y causar contaminación ambiental

12 INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad

Ecotoxicidad: Toxicidad para los peces

CL50 Gambusia affinis (Pez mosquito): 125 mg/l; 96 h

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Ceriodaphnia (pulga de agua): 40,4 mg/l; 48 h

Toxicidad para las bacterias

CE50 Photobacterium phosphoreum: 22 mg/l; 15 min

Persistencia y degradabilidad Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

Potencial de bioacumulación No hay información disponible

Movilidad en el suelo

No hay información disponible

Otros efectos adversos

HIDRÓXIDO DE SODIO Información ecológica complementaria

Efecto perjudicial por desviación del pH. A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua.

Posible neutralización en depuradoras. Se debe evitar la descarga en el ambiente.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Métodos para el tratamiento de residuos:

La eliminación final del producto químico debe tener en cuenta: su impacto sobre calidad del aire; la migración potencial en el suelo o el agua; efectos sobre la vida animal y vegetal. Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Reciclar la cantidad no utilizada o devolverlo al fabricante o proveedor. No los mezcle con otros residuos. Deje el producto químico en su recipiente original y maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Después de la neutralización, ya sea en el lugar del derrame o en una instalación de gestión de residuos, el lodo resultante se puede eliminar en un relleno de seguridad.

Las aguas residuales de la supresión de contaminantes, la limpieza de la ropa de protección / equipo, o los sitios contaminados deben contenerse y medir las concentraciones de la sustancia o sus productos de descomposición. Las concentraciones deben ser inferiores a los criterios de descarga o eliminación del medio ambiente vigentes.

14. INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

Transporte por carretera (ADR/RID)

Número ONU: UN 1824

Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: Hidróxido sódico sólido

Clase: 8 14.4

Grupo de embalaje: II

Peligros ambientalmente –

Precauciones particulares para los usuarios: si

Pictograma del transporte: Etiquetado para el transporte según el Decreto 1609 del 2002 Col.

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia.
Legislación nacional: decreto 1079/2015 Sección 8 Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera
Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial: Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. Sobre la prevención y manejo de residuos peligrosos
Ntc 1692 Tercera Actualización
Clase de almacenamiento 8B

16. INFORMACION ADICIONAL

Clasificación NFPA 704
Riesgo a la salud = 3
Inflamabilidad = 0
Reactividad = 1



Los datos presentados en esta hoja se aplican exclusivamente al material específico designado en la misma. La información contenida en esta hoja es presentada como un acto de servicio de buena fe a nuestros clientes, de acuerdo a la mejor información obtenida por Trichem S.A.S parte de sus distintos proveedores, pero puede que la información sea incompleta. Es responsabilidad de los usuarios el determinar lo apropiado o lo adecuado del producto con relación a sus distintos usos finales, antes de utilizarlo.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METARLURGIA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD



El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **Tesis** cuyo título es:

"ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LA CAL Y DE LA SODA CÁUSTICA EN LA REGULACIÓN DEL PH DURANTE LA FLOTACIÓN DEL PLOMO EMPLEANDO AEROFLOAT A – 242 – NASCA - 2022"

Presentado por:

QUISPE CONDOR JEISA HILARY

Estudiante del nivel PREGRADO de la **Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia**. El resultado obtenido es 03% por el cual se otorga el calificativo de:

(APROBADO, Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad)

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

APROBADO OBTUVO EL 03% (MENOR O IGUAL AL 20% REQUERIDO)

Ica, 21 de junio de 2023

.....
DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA

Estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A - 242 - Nasca - 2022

Por JEISA HILARY QUISPE CONDOR

“UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia



Tesis:

“Estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A – 242 – Nasca – 2022”

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Línea de investigación: Metalurgia extractiva de metales.

Autora: QUISPE CONDOR JEISA HILARY

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**NASCA – PERU
2023**

Estudio comparativo para determinar la eficiencia de la cal y de la soda cáustica en la regulación del pH durante la flotación del plomo empleando aerofloat A - 242 - Nasca - 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.uclv.edu.cu Internet	99 palabras — 1%
2	nanopdf.com Internet	39 palabras — < 1%
3	blogfisicayquimica1bach.blogspot.com Internet	28 palabras — < 1%
4	hdl.handle.net Internet	21 palabras — < 1%
5	1library.co Internet	19 palabras — < 1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Internet	17 palabras — < 1%
7	stutzartists.org Internet	13 palabras — < 1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Internet	12 palabras — < 1%