



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/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:

**"PRUEBAS EXPERIMENTALES DE DETERMINACION DE PARAMETROS EN LA
FLOTACION DE MINERALES OXIDADOS DE COBRE CON CONTENIDOS DE ORO DE LA
ZONA DE SALAVERRY"**

Presentado por:

ATUNCAR LOPEZ WILLIAM JUNIOR

Estudiante del nivel PREGRADO de la **Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia**. El resultado obtenido es 12% 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 12% (MENOR O IGUAL AL 20% REQUERIDO)

Ica, 16 de noviembre de 2023

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

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica



“PRUEBAS EXPERIMENTALES DE DETERMINACIÓN DE
PARÁMETROS EN LA FLOTACIÓN DE MINERALES OXIDADOS
DE COBRE CON CONTENIDOS DE ORO DE LA ZONA DE
SALAVERRY”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO METALÚRGICO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
METALURGIA EXTRACTIVA DE METALES

PRESENTADO POR:
BACH. WILLIAM JUNIOR ATÚNCAR LÓPEZ

Nasca – Perú

2018

DEDICATORIA

A mis padres y familia.

AGRADECIMIENTOS

“A mis amigos Ingenieros”

RESUMEN

El trabajo de tesis busca generar un análisis sistemático en el tratamiento de los minerales oxidados de cobre con contenidos de oro por el método de flotación de una determinada zona del Perú conociéndose así el beneficio y usos de estos metales en la industria moderna. Los minerales provenientes de las diferentes labores mineras de la zona de Salaverry presentan características oxidadas de cobre con presencia de oro, las cuales son recuperadas en pruebas experimentales de flotación con la acción de variables obteniendo diferencias en calidad y cantidad del producto recuperado determinando parámetros y estableciéndose así en cada prueba experimental diferentes marchas matemáticas, mecánicas y químicas considerando analizar los diferentes datos y resultados obtenidos. Los cuadros de balance metalúrgico muestran diferencias numéricas producto de las diferentes acciones establecidas en cada prueba experimental ejecutadas en un laboratorio metalúrgico.

La metodología es de tipo experimental de tipo descriptivo desarrollando una técnica exploratoria en la zona de Salaverry, es de nivel correlacional y diseño experimental llegando a puntos de quiebre en donde se obtienen resultados importantes, establecidos por los parámetros y mejor resultado.

Se desea promover técnicas y estrategias a fines en el tratamiento de minerales oxidados de Cu con contenidos de Au por el método de flotación, llegando a concluir: los parámetros establecidos en las pruebas experimentales, el más óptimo del grado de liberación es de 62% -200M, con tiempo de acondicionamiento de 3 minutos y de flotación de 5 minutos, la dosis de reactivos son cal 10 g, D250 2 gotas y Z-11 5 ml al 10% lográndose mejor recuperación de cobre y oro en concentrado. Y además los resultados obtenidos en la prueba experimental N°3 son los mejores valores logrados en calidad y recuperación, con leyes de concentrado de 14% de Cu y 1.45 Au(oz/TC) y recuperaciones del 96.75% para el Cu y un 98.493 % para el Au respectivamente; considerado como prueba experimental rentable.

Palabras clave: Parámetros de flotación, grado de liberación, mineral oxidado de cobre, pruebas experimentales.

ABSTRACT

The thesis work seeks to generate a systematic analysis in the treatment of oxidized copper minerals with gold content by the flotation method in a certain area of Peru, thus knowing the benefit and uses of these metals in modern industry. The minerals from the different mining works in the Salaverry area present oxidized characteristics of copper with the presence of gold, which are recovered in experimental flotation tests with the action of variables, obtaining differences in quality and quantity of the recovered product, determining parameters and establishing. Thus in each experimental test different mathematical, mechanical and chemical marches considering analyzing the different data and results obtained. The metallurgical balance tables show numerical differences as a result of the different actions established in each experimental test executed in a metallurgical laboratory.

The methodology is of an experimental, descriptive type, developed an exploratory technique in the Salaverry area, it is of a correlational level and experimental design, reaching points of stillness where important results are obtained, established by the parameters and the best result.

It is desired to promote fine techniques and strategies in the treatment of oxidized Cu minerals with Au content by the flotation method, concluding: the parameters established in the experimental tests, the most optimal degree of release is 62% - 200M, with conditioning time of 3 minutes and flotation time of 5 minutes, the dose of reagents is lime 10 g, D250 2 drops and Z-11 5 ml at 10%, achieving better recovery of copper and gold in concentrate. And furthermore, the results obtained in experimental test No. 3 are the best values achieved in quality and recovery, with concentrate grades of 14% Cu and 1.45 Au(oz/TC) and recoveries of 96.75% for Cu and 98.493 % for Au respectively; considered as a profitable experimental test.

Keywords: Flotation parameters, degree of release, oxidized copper ore, experimental tests.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE	vi
INDICE DE IMÁGENES	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO O DISCUSIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	2
1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.2. JUSTIFICACIÓN.	3
1.2.3. IMPORTANCIA.....	3
1.3. OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS.	3
1.3.1. Objetivo general:.....	3
1.3.2. Objetivos Especificos:.....	3
1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	4
CAPITULO II: MARCO TEORICO	5
2.1. ANTECEDENTES: Internacionales, Nacionales y/o Locales.....	5
2.1.1. Antecedente Internacional	5
2.1.2. Antecedente Nacional	6
2.1.3. Antecedente Local	7
2.2. BASE TEÓRICO - CIENTÍFICO.....	7
2.2.1. MINERALES OXIDADOS.	8
2.2.1.1. CARACTERISTICAS MINERAGRÁFICAS DE LOS MINERALES OXIDADOS DE COBRE DE LA ZONA DE SALAVERRY	8

2.2.2. MINERALES OXIDADOS CON PRESENCIA DE COBRE	8
2.2.3. SULFUROS DE HIERRO	10
2.2.4. SULFUROS DE COBRE	12
2.2.5. MINERALES RICOS EN ORO	13
2.2.6. FLOTACIÓN DE MINERALES OXIDADOS	15
2.2.7. REACTIVOS	18
2.2.8. GENERALIDADES EN UNA OPERACIÓN MINERALÚRGICA	22
2.2.9. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE TERMINOLOGÍAS EMPLEADAS	23
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	25
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	25
2.4 VARIABLES	25
2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	25
2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE	25
2.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
2.5. MARCO CONCEPTUAL	26
CAPITULO III: MATERIAL Y MÉTODO	28
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	28
3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.2. ÁREA O SEDE DE ESTUDIO	28
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA, CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	28
3.3.1. POBLACIÓN	28
3.3.2. MUESTRA	29
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	29
3.4.1. TECNICAS	29
3.4.2. INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	30

3.6. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	31
3.6.1. PROCESO	31
3.6.2. PROCESAMIENTO DE DATOS	42
3.7. ASPECTOS ÉTICOS, CONSENTIMIENTO INFORMADO.	46
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS DATOS.....	47
4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
CAPITULO V: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES	50
5.1. CONCLUSIONES.	50
5.2. RECOMENDACIONES.	50
5.3. LIMITACIONES	51
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	52
ANEXOS.....	54

INDICE DE IMÁGENES

Figura N°1.- Extracción de minerales	4
Figura N°2.- Presencia del Oro en sus compuestos	11
Figura N°3.- Reacción química entre moléculas energéticas	16
Figura N°4.- Mecanismo de una Celda de Flotación.....	16
Figura N°5.- Reactivos de Flotación.....	21
Figura N°6.- Planta concentradora San Hilarión Nasca 2016	27
Figura N°7.- Materiales didácticos de recolección de datos	30
Figura N°8.- Pruebas experimentales de Flotación	30
Figura N°9.- Muestra de Mineral proveniente de Salaverry	31
Figura N°10.- Zarandeo de mineral triturado -10M	32
Figura N°11.- Curva grafica de moliendabilidad	34
Figura N°12.- Prueba por el método del picnómetro.....	35
Figura N°13.- Peso de reactivos sólidos	38
Figura N°14.- Prueba experimental N°2	40

Figura N°15.- Laboratorio FIMM – Área de secado.....	41
Figura N°16.- Mineral utilizado en la celda de flotación.....	43
Figura N°17.- Prueba experimental de flotación N°3	46
Figura N°18.- Molino de bolas	55
Figura N°19.- Laboratorio metalúrgico San Hilarión Nasca 2016	55
Figura N°20.- Circuito de flotación	57
Figura N°21.- Celdas de Flotación	57
Figura N°22.- Cancha de Minerales.....	58
Figura N°23.- Google earth (Salaverry).....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1.- Nombres de algunos Minerales Oxidados de Cobre.....	10
Tabla N° 2.- Operacionalización de las variables.....	26
Tabla N°3.- Resultados de pruebas de molienda	35
Tabla N°4.- Gravedad específica datos y resultados.....	37
Tabla N° 5.- Consumo de reactivos Prueba N° 1	43
Tabla N° 6.- Consumo de reactivos Prueba N° 2	44
Tabla N° 7.- Consumo de reactivos Prueba N° 3	44
Tabla N°8.- Consumo de reactivos Prueba N° 4	45
Tabla N°9.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°1	47
Tabla N°10.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°2	47
Tabla N°11.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°3	48
Tabla N°12.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°4	48
Tabla N°13.- Matriz de Consistencia.....	54

INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 80 en el Perú, se inicia una intensa actividad minera, fundamentalmente en lo que respecta a minerales de cobre, por el alto precio que alcanza este metal y otros en el mercado internacional; esto por la occidentalización de dos grandes países con mayor cantidad poblacional del mundo como lo son China e India.

La zona del sur medio no queda rezagado de esta actividad y se inicia la instalación de varias plantas en beneficio de minerales de cobre, los minerales de cobre explotados provienen fundamentalmente de las zonas de Acarí, Otonaga y otros que fueron explotados en tiempos anteriores; con el transcurrir del tiempo los yacimientos se profundizan y dado la exigua economía de los mineros artesanales, se empiezan a abandonar por la falta de economía y tecnologías adecuadas para continuar su explotación.

En vista de este problema y la necesidad de puestos de trabajo en el Perú, la actividad de la minería artesanal e informal se traslada a otras zonas del país fundamentalmente a la parte de la sierra y teniendo en cuenta que las condiciones en la serranía son totalmente distintas a las de la costa, se empiezan a producir minerales con otros contenidos y en muchos casos estas minas son recién aperturadas, se producen minerales oxidados de cobre, plata, plomo, cinc y oro fundamentalmente.

Las plantas que en un momento alcanzaron capacidades considerables, se ven en la necesidad de disminuir esta capacidad y trabajan casi en su punto de equilibrio; por esta razón es que se empiezan a decidir por el beneficio de estos óxidos por flotación; es nuestro interés realizar pruebas metalúrgicas para determinar los parámetros óptimos que permitan procesar estos minerales con una eficiente recuperación metalúrgica, conjugada con una buena rentabilidad económica.

Una de las zonas que produce minerales oxidados de cobre en regular escala es la zona de Salaverry ubicada en la provincia de Nasca (Latitud: -15.0574600 / Longitud: -74.8864000), hemos considerado por conveniente realizar las pruebas metalúrgicas para el mineral proveniente de esta zona.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO O DISCUSIÓN DEL PROBLEMA

Con el declive del valor de los metales en la bolsa internacional, la producción de minerales disminuye drásticamente, afectando la economía de las diversas plantas instaladas en la zona de Poroma, debido a la escases algunas plantas se ven obligadas a clausurar sus instalaciones y otras continúan operando pero con exiguas ganancias por que se ven en la necesidad de disminuir su capacidad; una alternativa que les permite seguir operando es el tratamiento de minerales oxidados provenientes fundamentalmente de otras zonas del país, pero como por naturaleza los minerales oxidados responden de manera más adecuada a procesos de lixiviación y siendo este un proceso más costoso, teniendo además limitaciones en la existencia de estas plantas ya que en la zona de Poroma solo dos plantas cuentan con estos circuitos, la Empresa “Transformaciones de cobre” y la Empresa “Santa Teresa”, es que vemos la necesidad de realizar pruebas experimentales que permitan de manera eficiente tratar estos minerales oxidados por flotación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

1.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Generar un estudio de investigación resaltando las mejores acciones y posibilidades de desarrollo en determinadas pruebas experimentales.

1.2.1.1 Problema General

¿De que manera influye las pruebas experimentales de determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry?

1.2.1.2 Problemas Específicos

P.E.1 ¿Cuáles son los parámetros de las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro?

P.E.2 ¿Cuáles son las características de los minerales oxidados de cobre con contenido de oro de la zona de Salaverry?

1.2.2. JUSTIFICACIÓN.

Los logros generados en las diferentes pruebas experimentales generan un resultado favorable para el analista en tal sentido nos permite dominar el actuar de las diferentes variables obteniendo un mejor control y recuperación en tratamientos de minerales oxidados de cobre con presencia de oro por el método de flotación. Teniendo en cuenta la gran producción de minerales oxidados de cobre con presencia de oro tanto en la zona de Salaverry como en la parte sierra del país.

1.2.3. IMPORTANCIA.

El actual trabajo se centra en el estudio mecánico, físico y químico en referencia al tratado de minerales oxidados de cobre con presencia de oro, conociendo así los beneficios propios de estos metales en la industria moderna.

1.3. OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS.

1.3.1. Objetivo general:

Analizar las pruebas experimentales de determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry.

1.3.2. Objetivos Especificos:

O.E.1. Determinar los parámetros de las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro.

O.E.2. Analizar las características de los minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry y los tipos y dosificación de reactivos para flotar.

1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

El desarrollo del trabajo está dedicado a los tratamientos y operaciones de los minerales de una determinada zona dado que estos tienden a tener características variadas y por lo tanto variadas posibilidades de procesamiento, los minerales a tratarse deben ser rentables y responder adecuadamente a los planes de desarrollo de ello depende la decisión de explotación y tratamiento; manejando adecuadamente los precios de los metales en el mercado interno de acuerdo al precio del mercado internacional. Teniendo en cuenta muchos factores damos con los precios que se han venido manejando, la variedad de minerales de la zona de Salaverry y la composición de los mismos hacen que requieran del estudio de sus características estructurales y comportamiento químico; para ello se hace un compósito teniendo como puntos de explotación labores de la zona, determinándose que existen diferencias y efectuando pruebas que permitan la determinación de parámetros influyentes para su respectivo control y de esta manera efectuar un adecuado tratamiento.



Figura N°1.- Extracción de minerales

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES: Internacionales, Nacionales y/o Locales.

Las empresas concentradoras convencionales generalmente son utilizadas para flotar minerales sulfurados y en la mayoría de casos se flotan algunos óxidos por arrastre o por el uso de algunos reactivos sulfurizantes.

Esto sucede porque la atención primaria es para los minerales sulfurados o porque se sabe que los minerales sulfurados reaccionan muy adecuadamente a esta técnica por su propiedad natural de hidrofobicidad, en cambio los minerales oxidados son minerales hidrofílicos y por tanto su mojabilidad es alta, hecho que redundo en un mayor consumo de reactivos y compleja flotabilidad generando en situaciones pérdidas económicas situaciones que se desean evitar.

En la actualidad la industria de los reactivos de flotación ha evolucionado en grado extremo de tal forma que tenemos en el mercado infinidad de reactivos que han sido desarrollados para flotar minerales oxidados no solo de cobre sino de otros tipos.

La estructura sólida y la liberación mineral-contacto son las bases claves en este tipo de tratamientos, complementado con una adecuada dosificación de reactivos obteniendo una mayor recuperación de contenidos valiosos.

Los minerales con estas características oxidadas y otras veces con características mixtas hacen dificultoso su tratamiento y recuperación.

Es importante el estudio en este complejo tratamiento del cual nos lleva a poder realizar pre-estudios, podremos comprender que el uso de reactivos adecuados y dosificaciones correctas generarán el equilibrio deseado teniendo en cuenta los potenciales cinéticos desarrollados en dicha reacción, teniendo como resultado la hidratación de las partículas deseadas para su posterior adherencia a las burbujas de aire que serán el medio de transporte para su recuperación.

En este contexto, se han realizado trabajos de investigación y de tesis sobre este tipo de minerales, tratando de resolver las dificultades presentes en la flotación de los minerales oxidados de cobre con o sin contenido de oro; en los siguientes niveles:

2.1.1. Antecedente Internacional

M. Bosse, V. Conejeros y M. Rivas (2013), “**OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL NASH EN LA FLOTACIÓN DE MINERALES DE COBRE**”, Universidad Católica del Norte, Antofagasta Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Los

integrantes de este trabajo sustentan que los mejores resultados en referencia a los minerales oxidados se han logrado empleando una sulfidización con la acción de diferentes reactivos que aportan como propiedades iones S^{-2} y SH^{-} .

Con el propósito de modificar completamente las propiedades físicas y químicas de la estructura externa del mineral permitiendo la absorción de reactivos colectores en dichas superficies y su posterior recuperación.

El proceso ha sido analizado como una alcalinidad básica (pH-10) acción en que los iones S^{-2} y SH^{-} presentan un mejor equilibrio de concentración. Es de importancia el control del pH y mantener el control activo sobre la pulpa de circulación comprendiendo los límites absorbidos por las diferencias de cada partícula tratada.

Se especifica que el uso del sulfhidrato de sodio (NaSH) es utilizado como agente para la activación y control de especies en una flotación de minerales con características sulfuradas.

2.1.2. Antecedente Nacional

Chumbes Segovia, José Alejandro, (2014), **“TRATAMIENTO DE MINERALES MIXTOS PARA LA CONCETRACION POR FLOTACIÓN DE COBRE EN LA CONCENTRADORA SAN JOSE”** “San Luis Gonzaga”, Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica. El bachiller muestra un interés en mejorar la recuperación de plata (Ag) en un proceso de flotación convencional a partir de un mineral refractario de la zona de San Cristóbal. El tratamiento por flotación de mineral bajo condiciones adecuadas produce hasta el 82 % de recuperación de Ag, que es una mejora notable estos resultados sugieren que la flotación con A-208, A-404, D-250, y Z-6 y Na_2S y manteniendo un pH 9 puede ser utilizado convencionalmente para este tipo de mineral determinar los parámetros y reactivos adecuados para la flotación eficiente de los minerales de la zona de San Cristóbal. La Granulometría el grado de liberación, pH e Investigar el comportamiento del mineral con diversos reactivos de flotación siendo estos los puntos de análisis.

En conclusión, El tratamiento por flotación del mineral bajo, condiciones adecuadas produce hasta un 82 % de recuperación de Ag, que es una mejora notable estos resultados sugiere que la flotación sea con A-208, A-404, D-250, Z-6 y Na_2S manteniendo un pH 9.

2.1.3. Antecedente Local

Luis Martin Torrico, (2017), “**OPTIMIZACIÓN DE LA FLOTACIÓN DE MINERALES MIXTOS DE COBRE EN LA PLANTA PERÚ METAL TRADING & PROCESS S.A.C. NASCA**”, San Luis Gonzaga, Escuela Profesional de Ingeniería de Metalúrgica. EL Objetivo del tesista es recuperar al máximo los valores oxidados de cobre, experimentar con reactivos activadores, promover e innovar tecnologías en los procesos de flotación, una alternativa práctica en concordancia con los reactivos presentes en el mercado y la posibilidad de reajustar los parámetros en operación de la planta de Tratamiento. Llegando a la conclusión: Es muy importante que la granulometría este en un promedio de 80% -200M; la adición del Z-6 y del D-250 tiene que ser adicionado en la entrada del molino para un mejor tiempo de reacción. Se desea promover en la zona de Nasca estos tipos de estudio, lo cual redundara en mayores utilidades para los pequeños empresarios mineros y una mejor recuperación de estos minerales mixtos de cobre.

2.2. BASE TEÓRICO - CIENTÍFICO.

La ciencia de la mineralurgia, es un campo de estudio íntimamente relacionado con la geología la química y la física. Este estudio de los minerales, tiene aplicación en el beneficio de los mismos, sin embargo, en la práctica la ayuda potencial de la cristalografía aplicada es rara vez utilizada y poco apreciada por el sector ordinario.

Los minerales de mina y más aún de cada veta, tienen características especiales que deben de ser bien definidas como punto de partida para cualquier prueba experimental como para procesos de recuperación, algunos minerales pueden ser considerados “valiosos”, “no valiosos” y otros “no deseables”, éstos son términos que varían dependiendo del sitio de explotación otros minerales están asociados a otras especies o albergados en depósitos particulares debido a cambios tecnológicos o económicos.

Las propiedades físicas son de gran importancia entre ellas: la dureza, fragilidad, textura, gravedad específica, fractura, grado de transparencia, color, etc. La recuperación de estos minerales mediante una flotación nos deriva a un estudio científico observando la complejidad que muchas veces la materia prima presenta en su composición mineralúrgica, con pruebas y llegar al balance y control de una operación estabilizada.

Pese a la expresión “**no sulfuro**” es más adecuado desde el punto de vista dinámico emplearlo en comparación a los sulfuros sin necesidad de nombrarlos individualmente.

2.2.1. MINERALES OXIDADOS.

Los minerales oxidados son producto de la combinación del oxígeno con un elemento en evolución natural. En un mineral oxidado, el material del mineral ha sido oxidado o erosionado, posiblemente en un área que es atípica de los yacimientos sulfuros primarios; y para lo cual se va a requerir algún tipo de proceso especial. Los óxidos son minerales en los que el oxígeno forma enlaces con los metales (O_2) en el caso de los óxidos, y oxígeno con hidrógeno (OH^-) en los hidróxidos. La oxidación y otros procesos de alteración hidrotermal llevan a la descomposición de la estructura del sólido, lo que causa un aumento en la permeabilidad. Esto usualmente permite que se obtengan altas extracciones por lixiviación, mediante la lixiviación en pilas de un mineral extraído de la mina a un tratamiento directo; aunque, el tamaño de las partículas de minerales puede ser muy grueso.

Una característica perjudicial en el fenómeno de oxidación es la formación de importantes cantidades de sílice hidratada, amorfa pobremente cristalina, minerales arcillosos, sales de sulfato y fases ganga de óxido e hidróxido, que pueden afectar el tratamiento en gran medida.

2.2.1.1. CARACTERÍSTICAS MINERAGRÁFICAS DE LOS MINERALES OXIDADOS DE COBRE DE LA ZONA DE SALAVERRY

En el presente estudio considerando las características de los minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry, no se han efectuado específicamente estudios sobre su mineragrafía sin embargo se ha podido determinar que los minerales de Salaverry están constituidos de cuprita, crisocola, malaquita, calcopirita, en algunos casos bornita, calcosina, hematita, pirita y limonita fundamentalmente, que lo hacen un mineral bastante ácido.

2.2.2. MINERALES OXIDADOS CON PRESENCIA DE COBRE

Malaquita

$Cu_2CO_3(OH)_2$ Es un mineral del grupo V (carbonatos) según la clasificación de Strunz. De fórmula química $Cu_2CO_3(OH)_2$ (Dihidroxido de carbonato de cobre (II)). Posee un 57,0% de cobre. Su nombre viene del griego malaqh, que significa 'malva',

en alusión a su color verde. En la antigüedad era usada como colorante, pero hoy en día su uso es más bien como piedra semipreciosa. También se la usa como mena para la extracción de cobre.

Azurita

$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. También llamada Cecilita o malaquita azul, es un mineral de cobre del grupo de los carbonatos que se forma en los depósitos de cobre expuestos al aire libre. Posee un color azul muy característico. Frecuentemente se encuentra asociada con otros minerales de cobre, normalmente con malaquita, de color verde, y alguna vez con cuprita, de color rojo oscuro.

Cuprita

Cu_2O . Es un mineral del grupo de los óxidos. Químicamente es un óxido cuproso de color rojizo que suele estar alterado superficialmente en malaquita verdosa. La cuprita es un mineral secundario, que se forma en la zona de oxidación de los depósitos de otros minerales de cobre, por lo que en reacciones de fusión dicho mineral se adhiere al cobre nativo acompañado de cobres oxidados teniendo en cuenta la gran variedad de elementos ferrosos presentes en dicho mineral. Es un mineral de importancia presente en menas de cobre, su existencia está en muchas minas del mundo variando en si las condiciones climáticas para tal desarrollo.

Las características físicas sobresalientes en esta especie de cobre oxidado hacen que puedan ser objetos de uso estético considerando su estructura para un adecuado uso.

Crisocola

Pertenece al grupo de los Silicatos, adherencia por los Filosilicatos. Es una sal del ácido silicio adherido al cobre hidratado de composición química $(\text{Cu,Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}+n\text{H}_2\text{O}$

denominado por su característica física como “cobre silíceo”.

Podemos observarlo formando incrustaciones en las rocas, o bien rellenando vetas, con un intenso color verde brillante a azulado. Los ejemplares de mayor pureza, una vez pulidos llegan a ser piedras de decoración muy apreciadas.

Tabla N°1.- Nombres de algunos Minerales Oxidados de Cobre

NOMBRE	FORMULA	% DE COBRE EN MINERAL PURO
Malaquita	$\text{CuCO}_3+\text{Cu}(\text{OH})_2$	57.3
Azurita	$2\text{CuCO}_3+\text{Cu}(\text{OH})_2$	55.1
Cuprita	Cu_2O	88.8
Crisocola	$\text{CuO}+\text{SiO}_2\text{O}$	37.9

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. SULFUROS DE HIERRO

En esta clase de minerales, el comportamiento del sulfuro de hierro puede llegar a afectar la selección de elementos deseados en el tratamiento de flotación las condiciones y acciones en operación serán de importancia en acción a este elemento. Los minerales sulfurados de hierro más importantes son los siguientes:

Pirita (FeS_2)

FeS_2 . La pirita es un mineral muy estable en soluciones acuosas y su alto potencial estándar de reducción no ocasiona reactividad bajo las condiciones ligeramente oxidadas típicas de la lixiviación con cianuro.

En flotación la presencia de pirita es un elemento controlado debido a la regulación del pH. Las inclusiones de oro fino en la pirita requieren condiciones de chancado y molienda con porcentajes de liberación diferentes a los de una flotación ordinaria. El oro puede presentarse en soluciones sólidas, es decir, invisibles, dentro de los granos de pirita estando encapsulados en concentraciones. Por consiguiente, la pirita usualmente es sólo un problema en el procesamiento si este afecta la liberación del oro; raramente el consumo de cianuro será utilizado como depresor de Fe ya que en la actualidad la cal es utilizada como depresor de este elemento. La pirita también puede recuperarse como un subproducto del oro en relaves almacenados para obtener la parte no recuperada siempre y cuando las acciones sean rentables.

Marcasita

FeS_2 . La marcasita tiene la misma composición que la pirita FeS_2 pero, en lugar de una estructura cúbica, tiene una estructura cristalina ortorrómbica. Se desarrolla a temperaturas más bajas que la pirita.

Pirrotita

$\text{Fe}_{1-x}\text{S}_x$. Es el nombre de los sulfuros de hierro dados en la fórmula Fe_{1-x}S , donde x puede variar entre 0 y 0.2. Existen 2 tipos principales: variedad Pirrotita hexagonal (Fe_9S_{10}) y monoclinica (Fe_7S_8). La Pirrotita es estable bajo condiciones más reductoras que las de la pirita y, por lo tanto, tiende a oxidarse más fácilmente. La Pirrotita monoclinica tiene una relativamente alta susceptibilidad magnética y puede recuperarse fácilmente mediante el equipo industrial de separación magnética. La liberación y el tamaño adecuado de las partes a recuperar tienden a ser de mucha importancia en los procesos de concentración la hidratación por los diferentes reactivos a utilizar actuando en minerales piritosos y con contenidos de Au, tienden a dar buenas recuperaciones en consideraciones de masa característica propia de la concentración.



Figura N°2.- Presencia del Oro en sus compuestos

2.2.4. SULFUROS DE COBRE

Son considerados en esta clase de sulfuros los minerales que contienen oro asociado a ellos, los minerales sulfurados de cobre pueden llegar a afectar la concentración de producto obtenido debido a la alta pureza y volumen de cobre en estado libre. No es muy común que el oro esté asociado únicamente a los minerales de cobre y casi siempre desarrollándose en la parte piritosa del mineral tratado. En la flotación de sulfuros el oro generalmente se presenta aliado a minerales secundarios (calcopirita o bornita). Esto puede ser atractivo desde un punto de vista metalúrgico, como si hubiera cierta selectividad en contra de la pirita. Aunque las leyes del oro en los minerales de cobre son bajas (frecuentemente $<1\text{ g/t}$), la producción de oro como un subproducto del cobre es relativamente grande debido a las altas toneladas de material procesado. Cerca del 80% del subproducto de oro proviene de los minerales de cobre no generalmente sulfuradas.

Calcopirita:

La calcopirita (CuFeS_2) es más abundante en el mineral de cobre y contiene 34.5% de Cu. La calcopirita está comúnmente asociada a la pirita y otro mineral de sulfuro de cobre; tiene características inusuales como contener bajas valencias de cobre y altas valencias de hierro, es decir, $\text{Cu}^+\text{Fe}^{3+}(\text{S}^{2-})_2$. Un semiconductor tiene una densidad de 4 100 a 4 300 kg/m^3 . En forma de polvo tiene un color gris verdoso. La calcopirita puede oxidarse para obtener covelita (**CuS**) y **hematita** o puede reducirse a calcosina (**Cu_2S**), con Fe^{+2} en solución con sulfuro de hidrogeno evolucionado.

Otros sulfuros de cobre (CuS):

La calcocita y la covelita son importantes minerales de cobre que contienen 79.8% y 66.4% de Cu, respectivamente. Estos se forman por la alteración de minerales primario de sulfuro de cobre y se presentan en zonas de enriquecimiento secundario en muchas partes del mundo Frecuentemente, el color de la calcocita es gris oscuro con un matiz del azul, y la densidad de 5 500 a 5 800 kg/m^3 . La covelita tiene un color azul distintivo que es especialmente evidente en la microscopía de luz reflejada.

La bornita tiene la fórmula general Cu_5FeS_4 , aunque las proporciones exactas del cobre y el hierro varía; tiene un color azul-purpura distintivo por lo que lleva a su nombre “mineral pavo real”.

2.2.5. MINERALES RICOS EN ORO

Se da énfasis al desarrollo y estudio de una mena aurífera previo a definir el proceso de recuperación. Añadiendo que existe una variedad de tratamientos metalúrgicos donde se desea la liberación o extracción de la partícula de mayor interés comercial. En esta variedad de mineral oxidados provenientes de Salaverry el proceso de flotación es el que mejor se presta donde se desea recuperar un producto o concentrado bulk deprimiendo en consideración la parte mixta asociada con la ganga silícea y recuperar los metales mediante la flotación de espumas.

El proceso de flotación ha llegado a ser importante en la concentración de menas auríferas por ser de mayor eficiencia en la recuperación de partículas hidratadas y donde se requiere un menor consumo energético a diferencia de los procesos gravitacionales. En otras clases de minerales con contenidos de oro su recuperación es forzada por la acción de reactivos actuando en las partículas de intereses comercial volviéndolas repelentes a la solución acuosa; podremos optar en situaciones favorables por una recuperación polimetálica obteniendo un producto bulk proveniente de menas polimetálicas de Cu, Pb y Zn siempre y cuando predomine un metal de mayor interés.

A). Características de las Menas de Oro

Previo a la aplicación de cualquier proceso de concentración de una mena de oro y esto es válido para cualquier tipo de mena es necesario el estudio de aquellas especies presentes conocer la alteración y reacción de las distintas especies en desarrollo presentes.

- Asociaciones con otras especies presentes en la mena tratada.
- Nivel de composición estructural.
- Grado de liberación.
- Porcentaje de concentración presente y análisis granulométrico.
- Contenido mixto presente.

Desde un apartado metalúrgico podremos clasificar la permanencia del oro en los diferentes yacimientos auríferos.

EL oro debido a su poca reactividad química se encuentra generalmente al estado sólido en la corteza terrestre. El oro libre se encuentra en los depósitos aluviales

como resultado de la acción del tiempo sobre menas originadas de otros compuestos encontrándose en forma de aleación.

Gran proporción del oro presente en la corteza terrestre se encuentra acompañada de óxidos, sulfuros, cuarzo y ganga silíceo o mixta desarrollándose en formaciones rocosas o vetas por lo cual es necesario en su tratamiento de trituración liberarlo de la parte no comercial.

B). Flotación de minerales de Oro

Metalúrgicamente las menas auríferas de acuerdo a su composición se pueden agrupar en los siguientes grupos:

- Menas en las que el mineral valioso está prácticamente asociado a la ganga cuarzosa; y en las cuales desde una formación inicial estuvo asociado al FeS_2 (pirita) y por evoluciones estructurales fue alterado pasando al estado oxidado.
- Hay menas en las que el oro está en estado libre y otra parte asociada a sulfuros de hierro. Siendo la de mayor extracción.
- Menas en las que el oro está integrado a sulfuros de hierro desarrollando teluros.
- Menas en que el oro es subsidiario o complementario de una mena metálica compleja tal como Pb-Cu-Zn

El tratamiento de las dos primeras menas auríferas puede ser por medio de una flotación selectiva; deprimiendo la ganga y los sulfuros no deseados en el relave siempre que exista la liberación deseada. Si la asociación del oro con los sulfuros metálicos es más fina de modo que no justifique económicamente una molienda de este tipo se realizara una flotación colectiva de oro y sulfuros metálicos para luego ser separados por medio de otro proceso, una molienda del concentrado colectivo o cianurando directamente este concentrado después de una tostación.

El tratamiento de los dos siguientes grupos C y D es generalmente una flotación colectiva del oro junto a minerales sulfurados de valor constituyendo concentrados de sulfuros especiales con alto contenido de oro desde los cuales se pueda posteriormente separar el oro por procesos pirometalúrgicos.

C). Estado Superficial de las partículas de oro

El nivel de resistencia y de liberación al cual es sometida la partícula tratada es de necesidad en el tratamiento de flotación actuando sobre la parte liberada la absorción de los reactivos. En consideraciones las partículas sucias o contaminadas generalmente por una película de óxido presentaran una alteración en su figura externa presentando poca hidrofobicidad en la flotación de espumas.

En tal caso la molienda fina no sería necesaria para su neutra limpieza, el empleo de reactivos modificadores de superficies es aconsejable; tales como sulfurizantes o activadores. El sulfuro de sodio (Na_2S) o el sulfhidrato de sodio (NaSH) son recomendables, pero hay que tener el control estimado, pues en ciertas cantidades no adecuadas estaría produciendo una inactivación en el mineral a recuperar volviendo la superficie hidrofílica al contacto de los colectores produciendo una alteración y pérdida de producto en los depósitos de relave.

D). Presencia de Oro libre

En menas auríferas en que el oro se encuentra solo como oro duro a pesar de ser una mena de alto contenido de oro. Su separación por flotación es dificultosa puede incurrir en tratamientos secos o se podrá hacer un blending con minerales de valor estándar manteniendo una molienda aceptable. En un proceso de flotación el colector es de uso indispensable, espumantes y reactivos auxiliares concentrados, este último se debe reforzar en algunos casos con reactivos puros con el fin de producir una espuma con carga metálica. Además, es aconsejable un mayor porcentaje de sólidos en la pulpa acompañado de una fuerte agitación, buen tiempo de acondicionamiento y una adecuada recirculación de la pulpa.

2.2.6. FLOTACIÓN DE MINERALES OXIDADOS

Para su flotación se pueden usar dos alternativas una con ácidos grasos y otras con colectores sulfhídricos, después de una sulfidización. En la primera existe peligro de la ganga alcalina que no solo flota en el concentrado y lo diluye, sino que también consume los reactivos. En la segunda, la sulfidización es un problema no solo económico sino también tecnológico porque para su aplicación con una eficiencia máxima son necesarios estudios meticulosos. Estos dos problemas hacen que la flotación de los minerales oxidados sea compleja y con resultados hasta ahora solo

parcialmente satisfactorios. Los colectores sulfhídricos después de una sulfidización preliminar que para la azurita tiene que ser más prolongado que para la malaquita sin sulfidización, también se puede flotar con colectores sulfhídricos, pero el consumo de estos es muy alto. Los carbonatos de cobre se pueden flotar con ácidos grasos tales como el oleico, palmítico y esteárico. Las recuperaciones son buenas cuando la ganga tiene hacer cuarzo.

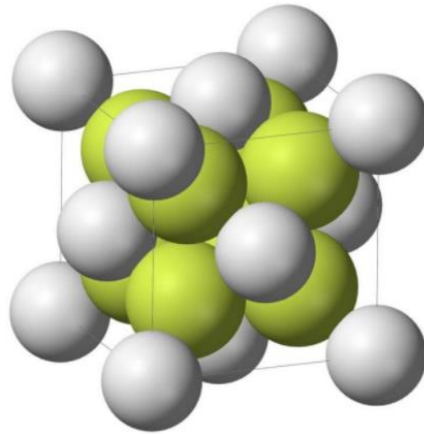


Figura N°3.- Reacción química entre moléculas energéticas

Na_2S reactivo generalmente usado en minerales con características oxidadas, en contacto con el agua se hidroliza por ser una sal con base fuerte y ácido fuerte:

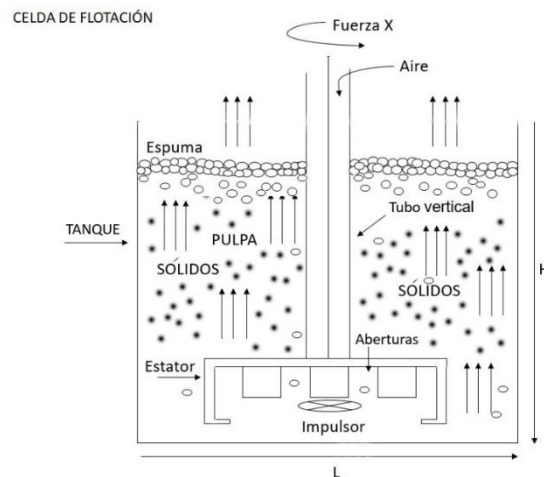
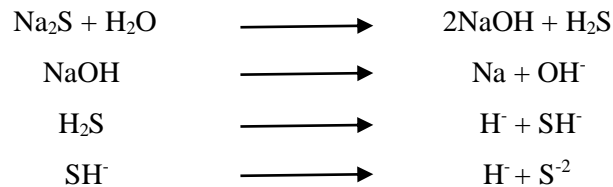


Figura N°4.- Mecanismo de una Celda de Flotación

A). Flotación de espumas

Se puede interpretar a la flotación de espumas como un proceso químico desarrollada en una celda de flotación cuyo objetivo es obtener un producto metálico a través de una acción hidrofóbica. El estudio del mineral tratado y la granulometría obtenida en los procesos de trituración y la adhesión de reactivos son de vital importancia en la flotación de minerales. Es una operación de concentración gravitacional donde se obtiene un producto rentable denominado concentrado y una parte no rentable denominada relave. En tratamientos de recuperación el proceso de flotación dependerá de las fuerzas mecánicas desarrolladas y de las variables establecidas obteniendo el control y balance de la pulpa.

B). Pre – Post Acondicionamiento

La granulometría o tamaño de la partícula del mineral debe de tener el tamaño óptimo frente a una adecuada acción entre el reactivo y el mineral manteniendo los índices establecidos en situaciones normales. En situaciones complejas se pretende evitar el uso de aguas residuales alteradas y/o contaminaciones poco recomendadas.

C). Proceso de Sulfidización

El consumo energético y los costos de tratamiento nos generaran un análisis minucioso en el estudio mecánico y químico frente a una acción y mojabilidad de la parte superficial del mineral. Este proceso se genera modificando la superficie del mineral a recuperar con una película actuando y modificando las bases superficiales asiéndoles repelentes a la solución acuosa logrando la hidrofobicidad deseada y una respectiva flotabilidad.

D). Sulfuros de cobre parcialmente oxidados:

El cambio o modificación que sufren los minerales sulfurados en sus estructuras físicas y químicas se rige en favor de las situaciones atmosféricas a las cuales pueden estar expuestas. Se pretende una recuperación rentable frente a los gastos de extracción y tratamiento; el recubrimiento y la absorción en la partícula a recuperar serán claves en minerales sulfurados con recubrimientos de óxidos.

2.2.7. REACTIVOS

A). Colectores:

Xantato Amílico de potasio (Z-6): $C_5H_{11}OCS_2K$,

El de mayor uso en los tratamientos de flotación, las concentraciones varían dependiendo el grado de hidrofobicidad donde se pretende recuperar una parte metálica o en situaciones la activación y el control del flujo.

Xantato Isopropílico de Sodio (Z-11)

El Xantato Z-11 se caracteriza por su selectividad en el proceso de flotación en algunos casos empleado para materiales con características definidas usado en plantas concentradoras con concentraciones de 10 - 20%.

Aerofloat 242

Pertenece al grupo de los ácidos ditiósfatos es un colector de menor absorción e impacto químico que los promotores AEROFLAT Líquidos. Es un colector de gran impulso y ahorro químico, obteniendo aceptación en el tratamiento de minerales sulfurados de Cobre y Plomo como reactivo activo, actuando en situaciones sobre la parte oxidada en donde la selectividad hacia estos últimos puede representar problemas de alteración. Es soluble en agua y las concentraciones de uso pueden variar observando el fenómeno causado. Los Aerofloat son sales solubles en agua y por alguna razón se utilizan en soluciones de 5–10% para ser agregados en circuitos de flotación. No tienen propiedades espumantes y por esta razón son apreciables, aunque muchas veces es usado frente a otros colectores con propiedades diferentes para fortalecer la acción selectiva.

Aerofloat A-31

Aerofloat A-31 es utilizado como reactivo auxiliar generando una mayor activación entre las burbujas de aire y la parte sólida, actuando sobre los minerales ácidos que demandan un mayor consumo de reactivo. Empleado en

flotaciones poco ordinarias donde se requiera evitar la pérdida de especies valiosas adheridos a otra no deseable o poco flotables.

Aerofloat A-208

Son sales solubles en agua y por esta razón suelen utilizarse en soluciones de 5 a 10 % para ser agregados a los circuitos de flotación se caracterizan por activar algunos elementos definidos para su adherencia a la burbuja de aire y por ello son apreciados, aunque a veces son usados junto con otros colectores con propiedades espumantes para fortalecer su acción. Los Aerofloat son colectores de menor absorción frente a los Xantatos los usos varían dependiendo el grado de modificación en base al producto que se desee obtener.

Aerophine ® 3418

El promotor AEROPHINE A-3418 Utilizado en generalmente en estado puro en los procesos de flotación destinada a recuperar minerales de mayor rentabilidad. Es altamente depresor para el Hierro y minerales de arsénico (tales como Pirita y Arsenopirita) Y minerales de zinc no activados. En la práctica actual es usado como promotor para una Flotación selectiva y recuperación de oro y plata.

B). Espumantes:

Dowfroth 250

Reactivo utilizado por sus propiedades en el desarrollo físico y químico de burbujas de aire repelentes a soluciones acuosas mediante una controlada agitación. Es un **glicol ploypropylene metil éter**, ha de utilizarse en los procesos de flotación como promotor las concentraciones en usos varían dependiendo el grado de hidrofobicidad del mineral los estándares comunes se permiten utilizar en soluciones del 10% utilizado en la flotación convencional de minerales oxidados y sulfurados como reactivo principal, manteniendo por otra parte una alcalinidad constante pH (8.5 – 12.5). Caracterizado por su acción rápida en minerales frescos.

Aceite de pino

Es un agente espumante con características químicas equilibradas utilizado generalmente en flotaciones polimetálicas donde se desea controlar el grado de dureza superficial de la burbuja de aire. Generando una espuma con un nivel de fragilidad variado.

C). Modificadores

Por sus propiedades químicas son utilizados como reactivo agente permitiendo la acción de los reactivos primarios sobre una superficie modificada por películas o capas obteniendo una condición favorable para su respectiva flotabilidad, la activación o la inactivación serán aquellas reacciones desarrolladas permitiendo en tales modos el control deseado en el producto de mejor beneficio económico. Estos reactivos se caracterizan por ser de origen sólido.

- Activadores.
- Reguladores (Modificadores de pH.) y dispersantes.

C.1. Activadores.

Sulfuro de sodio (Na₂S)

El Sulfuro de Sodio está destinado como reactivo exclusivo en la modificación externa de la partícula oxidada por condiciones naturales, actuando en oxidados de plomo, cobre y zinc y en la evolución de la mineralización secundaria. Las dosificaciones son

Estudiadas en pruebas de laboratorio y en relación con otros reactivos de fuerte acción manteniendo concentraciones entre el 10-20% debido al consumo exagerado se prepararán en tanques o dosificadores específicos.

C.2. Reguladores

Modificadores de pH:

El pH indica el grado de acidez o de alcalinidad de la pulpa. El pH 7 es neutro (ni alcalino ni ácido) y corresponde al agua pura. De 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino. El pH se mide con un aparato llamado

potenciómetro, o con un papel indicador tipo Pamphea con escala a colores de 0 - 14.

Cada mineral tiene su propio pH de flotación. Esta propiedad varía según el mineral y su procedencia. Los reguladores de pH tienen la misión de dar a cada pulpa el control más adecuado para una flotación óptima. La Cal es un reactivo apropiado para regular el pH, puede deprimir las gangas y precipita las sales disueltas en el agua.

En operación se alimenta con Cal en la entrada del molino. Es importante usar dosificadores para poder estar seguros que la cantidad de reactivo añadido al mineral en seco o a la pulpa sea constante ya sea en concentración sólida o líquida.

Cal (CaO)

Se utiliza como regulador de pH en los procesos de flotación, generalmente se usa en forma de cal hidrata ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en forma sólida o en lechada. Además de ser un regulador en procesos diferenciales actuando como modificador de la pulpa siendo depresor y activador en los procesos de separación.



Figura N°5.- Reactivos de Flotación

2.2.8. GENERALIDADES EN UNA OPERACIÓN MINERALÚRGICA

Carga de mineral: La cantidad de carga que se alimenta al molino debe ser controlada, procurando que la carga sea la máxima posible. Si se alimenta poca carga se perderá capacidad de molienda y se gastarán inútilmente las billas y/o chaquetas. Si se alimenta demasiada carga se sobrecargará el molino obteniendo una granulometría no deseada.

Suministro de agua: Cuando el mineral y el agua ingresan al molino forman un barro liviano llamado pulpa, que tiene la tendencia de pegarse a las bolas o barras, por otro lado, el agua ayuda a circular la carga molida. Cuando la cantidad de agua es excesiva lava las barras o bolas provocando una ineficiente molienda y pérdida de la vida útil entre las piezas de contacto. Además, el exceso de agua, genera una carga gruesa. El control y los porcentajes serán previstas en un medidor o reloj de porcentaje de sólidos $\%$ pulpa.

Carga de bolas o barras: Es necesario que el molino mantenga su carga constante de medios moledores, porque las barras y bolas sufren un desgaste y es necesario justificar la diferencia del material gastado. El consumo de las barras y bolas dependen del tonelaje tratado de la dureza del mineral y la granulometría que se desea obtener en el proceso de molienda. Cuando el molino tiene exceso de medios moledores se disminuye la capacidad de molienda ya que éstas barras o bolas ocupan el espacio que le corresponde a la carga a moler. Cuando la carga de bolas está por debajo de lo establecido se pierde eficiencia en molienda y pérdidas en procesos posteriores.

Condiciones de los blindajes: Es conveniente revisar periódicamente la condición en que se encuentran los blindajes (chaquetas), si están muy gastados no podrán elevar las bolas a la altura suficiente para que puedan trozar al mineral grueso. La carga de bolas y la condición de los blindajes se puede controlar directamente por observación o indirectamente por la disminución de la capacidad de molienda y por un análisis de mallas del producto final de la molienda.

Tiempo de molienda: La permanencia del mineral dentro del molino determina el grado de finura de las partículas liberadas. El grado de finura está en relación directa con el tiempo de permanencia en el interior del molino.

Densidades: Cada molino de acuerdo a su carga nos brinda una determinada densidad mostrando que las cantidades de agua como de mineral están en relación y así estimar una buena molienda y buena densidad en las operaciones seguidas.

2.2.9. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE TERMINOLOGÍAS EMPLEADAS

- **Cabeza:** Es el mineral inicial crudo depositado en la tolva de gruesos proveniente de las labores de explotación.
- **Clivaje:** Característica física que presentan los minerales al accionar frente a fuerzas mecánicas dando como resultado unas divisiones de menor volumen, pero manteniendo la misma masa inicial.
- **Concentrado:** Es el material obtenido previa operación trituración, molienda, flotación obteniendo aquella parte comercial y rentable utilizado en la industria.
- **Concentrado Bulk:** Concentrado producto obtenido de la flotación que alberga más de un metal en materia fina con valores comerciales diferentes.
- **Dureza:** Capacidad atómica de un mineral que trata de hacer resistencia a las reacciones físicas de impacto las durezas de cada mineral varían dependiendo su composición morfológica.
- **Flotación:** Tratamiento químico generado por acciones mecánicas y físicas donde el mineral hidrofóbico es adherido a la estructura de la burbuja de aire obteniendo un producto metálico deseado.
- **Ganga:** Denominada parte no valiosa de la materia inicial tratada caracterizada por ser parte silíceo, arcillosa en conclusiones parte invalorada.
- **Gravedad específica:** Peso relativo de un mineral comparado con el peso de un volumen igual de agua.
- **Ley:** Indica el nivel de concentración y pureza en un compuesto inicial con indicios a cálculos en balances metalúrgicos obteniendo resultados finales.

- **Mena:** Está constituida por las diferentes especies desarrolladas en un cierto sector terrestre siendo aprovechado por el sector minero.
- **Mineral:** Especie valiosa de utilidad mundial y desarrollo natural es el producto obtenido por la actividad minera. Constituido por una parte valiosa denominada **mena** y otra estéril denominada **ganga**.
- **Veta (Vein, lode):** Proporción mineral establecida en una superficie terrestre y de composición variable al lugar de desarrollo. Mineral incrustado en superficies rocosas.
- **Mineralogía:** Ciencia que estudia la parte compleja del desarrollo físico y químico en los minerales. Está ligada a la geología como ciencia primaria.
- **Mixtos o Intermedios:** Son productos intermedios innecesarios obtenidos por la adherencia a la parte valiosa en situaciones pueden causar una alteración motivos por los cuales se les trata de disipar en pre - tratamientos.
- **Molienda:** Lugar operacional donde se desarrolla el control de pulpa y se genera la específica separación de sólidos establecida para una adecuada flotabilidad.
- **Molino de bolas:** Espacio cilíndrico de gran resistencia donde se ejecutan los parámetros exactos de molienda y pulpa generando el tamaño y liberación de la partícula a recuperar el mecanismo de recirculación en algunos circuitos generaran el control de pulpa desea para una flotación inalterable.
- **pH:** Es la parte base reactiva, especifica el comportamiento en una concentración de iones hidrogenados.
- **Relave:** Es la parte residual generada en los tratamientos metalúrgicos como la parte no deseable y almacenada en depósitos impermeables.
- **Tensión superficial:** Generada por el control y acción necesaria para cubrir una superficie determinada que haya sido alterada o modificada por acciones naturales permitiendo en tales modos su acción y control deseado. Una característica básica en la flotación de minerales oxidados donde se busca una hidrofobicidad en conjunto.

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La prueba experimental influye en la determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

H.P.1. Existe relación de los parámetros con las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro.

H.P.2. Favorecen las características de los minerales oxidados de cobre con contenido de oro de la zona de Salaverry y los reactivos en la flotación.

2.4 VARIABLES

2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Pruebas experimentales de determinación parámetros en la flotación.

Indicadores:

- Acondicionamiento de circuito de tratamiento.
- Reactivos a utilizar.
- Grado de liberación, pH y Densidad de pulpa.
- Proceso de flotación.

2.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry.

Indicadores.

- Recuperación.
- Concentrados obtenidos.

2.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N°2.- Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Pruebas experimentales de determinación de Parámetros de Flotación.	El tratamiento aplicado a nivel de laboratorio en cada operación metalúrgica permite obtener el mejor comportamiento en flotación logrando el mejor equilibrio de flotabilidad.	Secuencia de pasos en un determinado proceso destinados a obtener el mejor resultado.	<ul style="list-style-type: none"> - Acondicionamiento del circuito de tratamiento. - Reactivos a utilizar. - Grado de liberación. - Proceso de Flotación.
Variable Dependiente: Minerales oxidados de cobre con contenidos de Oro de la zona de Salaverry.	Minerales obtenidos de un compuesto con una composición química y física no diferentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Curvas de Molienda. -Consumo de Reactivos. - Cuadros de Balance Metalúrgico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación. - Concentrados Obtenidos.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. MARCO CONCEPTUAL

Los parámetros obtenidos como principio en cada prueba experimental en un laboratorio metalúrgico tratan de desarrollar un estudio sobre el tratamiento de los minerales oxidados de cobre con contenido de oro provenientes de Salaverry obteniendo variaciones de resultados unos más satisfactorios que otros, producto de las diferentes acciones desarrolladas en cada prueba experimental.



Figura N°6.- Planta concentradora San Hilarión Nasca 2016

CAPITULO III: MATERIAL Y MÉTODO

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo y la búsqueda en hallar el equilibrio admitido se manipularán variables y parámetros que clasifican a la investigación experimental es descriptivo.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la dependencia de las variables, en este caso nuestra investigación es correlacional.

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este caso de acuerdo al uso de variables necesarias el diseño es experimental.

3.2. ÁREA O SEDE DE ESTUDIO

Minerales oxidados provenientes de Salaverry.

Distrito :Marcona

Provincia :Nasca

Región :Ica

Abigeo :110304

Latitud Sur :15° 3' 26.2" S (-15.05728804000)

Longitud Oeste :74° 53' 13" W (-74.88694689000)

Altitud :1071 m s. n. m.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA, CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

3.3.1. POBLACIÓN

En el presente trabajo de investigación la población estará constituida por Minerales oxidados, generalmente estos minerales están compuestos por óxidos de cobre con

presencia de oro aliados a una mineralización secundaria con unas leyes promedias entre 0.75 – 2.5 % de cobre; y leyes de 0.08 – 0.15 oz/TC de oro de la zona de Salaverry.

3.3.2. MUESTRA

La muestra a tratar estará compuesta por un compósito de tres labores explotadas en la zona de Salaverry pretendiendo realizar distintas pruebas experimentales de flotación ejecutando variables y determinando parámetros, las minas en Salaverry son explotadas en ocasiones a cielo abierto, pero en la mayoría de casos por socavones.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.4.1. TECNICAS

3.4.1.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

- Técnica Exploratoria.

3.4.1.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

- Método Experimental.

3.4.2. INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Filmadoras.** - Como muestra de evidencia el dispositivo a utilizar será una cámara digital para obtener un contenido visual.
- **Cámara Fotográfica.** - Las capturas son hechas para poder hacer una comparativa visual y establecer las marchas de los productos obtenidos.
- **Cuaderno de Campo.** - Los apuntes son realizados en un cuaderno de reporte donde se anotará toda la parte experimental realizada.
- **Análisis químicos.** - Los productos obtenidos de las pruebas serán analizados químicamente y los resultados serán estudiados en cuadros de balance metalúrgico.

- **Pruebas metalúrgicas.** - Pruebas experimentales de flotación realizadas con el objetivo de conocer el comportamiento y establecer parámetros producto de la acción de variables realizadas en cada prueba de flotación.



Figura N°7.- Materiales didácticos de recolección de datos

3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO



Figura N°8.- Pruebas experimentales de Flotación



Figura N°9.- Muestra de Mineral proveniente de Salaverry

3.6. PROCESO DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

3.6.1. PROCESO

A) CHANCADO DEL MINERAL

Objetivo:

Reducción del tamaño del mineral en tamaños de menor dimensión a la inicial hasta obtener un 100% -10M.

Materiales:

- Muestra de Mineral
- Marcadores
- Sacos de Polietileno
- Manta de Roleo

Equipos:

- Chancadora de quijada 21/2"x4"
- Malla 10M.
- Balanza Digital.

EPP:

- Tapón de oídos.
- Lentes de protección.
- Protector respirable ^{c/} filtros anti polvos.
- Zapatos de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guardapolvos.

Procedimiento:

Se hace el respectivo pesaje de cada muestra de mineral a tratar, se marcan los pesos en cada saco de polietileno y el número de prueba. Se procede a realizar el proceso de trituración, se debe evitar que la chancadora pueda albergar solidos diferentes a la muestra inicial evitando así contaminaciones, se podrá usar como limpiador de solidos (brochas ^{y/} presión de aire), así se podrán eliminar todos los rastros finos de mineral que se hayan tratado anteriormente. La chancadora de quijas de 21/2"x4", está acepta minerales de 1" obteniendo una reducción aproximada de 1/8"(3.175mm) este tamaño no será el exigido, motivo por el cual el procedimiento será repetitivo hasta obtener la reducción necesaria total, el mineral triturado pasara -10M en su totalidad obteniendo una nueva granulometría aproximadamente a 1/16" , las partículas gruesas que no traspasen la 10M se volverán a triturar así sucesivamente hasta obtener el 100% de -10M, realizando el tamizado o homogenización con el producto obtenido.



Figura N°10.- Zarandeo de mineral triturado -10M

B) CUARTEO DEL MINERAL

Objetivo:

Obtener una parte representativa de la muestra total mediante procedimientos de homogenización.

Materiales:

- Regla de cuarteo
- Manta de cuarteo
- Espátula
- Bandejas
- Sacos de Polietileno
- Balanza digital

Procedimiento:

El mineral resultante de la etapa de chancado a –10M se deberá de colocar en una superficie plana sobre una manta de cuarteo de un tamaño apropiado que pueda albergar toda la totalidad de mineral obtenido en tal modo se estarán evitando perdidas y contaminaciones. Se realiza la técnica del roleo hasta que todo el material esté debidamente homogenizado.

Técnica del roleo: Dos personas o una; sujetan las esquinas de la manta de cuarteo donde estará depositado el mineral, de manera coordinada se estará realizando una mezcla de todo el mineral por un tiempo estimado de 2 – 3 min evitando perdidas. Una vez que el mineral se encuentre preparado, Se vuelve a extender la manta sobre la superficie plana se centra el mineral en el punto medio de la manta se procede a realizar un corte en X sobre el mineral con una herramienta recta o espátula dividiéndola en cuatro partes iguales con el propósito de obtener una muestra representativa de cada apartado.

Es de importancia obtener el peso requerido mediante este método.

Se consideran 3 labores diferentes perteneciendo al lugar de origen para tal motivo cada muestra esta con su rotula de detalles para distinguir la posible diferencia y comportamiento generado en las diferentes pruebas de flotación.

C) MOLIENDA DEL MINERAL

Objetivo:

Establecer una curva de molienda con tiempos no muy distantes hallando el tiempo de molienda necesaria para lograr obtener la mejor liberación considerando que con un 60% -200M, se estará obteniendo una eficiente recuperación y una acción hidrofóbica en la muestra a flotar.

Equipos:

- Mesa de Rodillos.
- Molino.
- Bolas de acero.

Curva de Molienda:

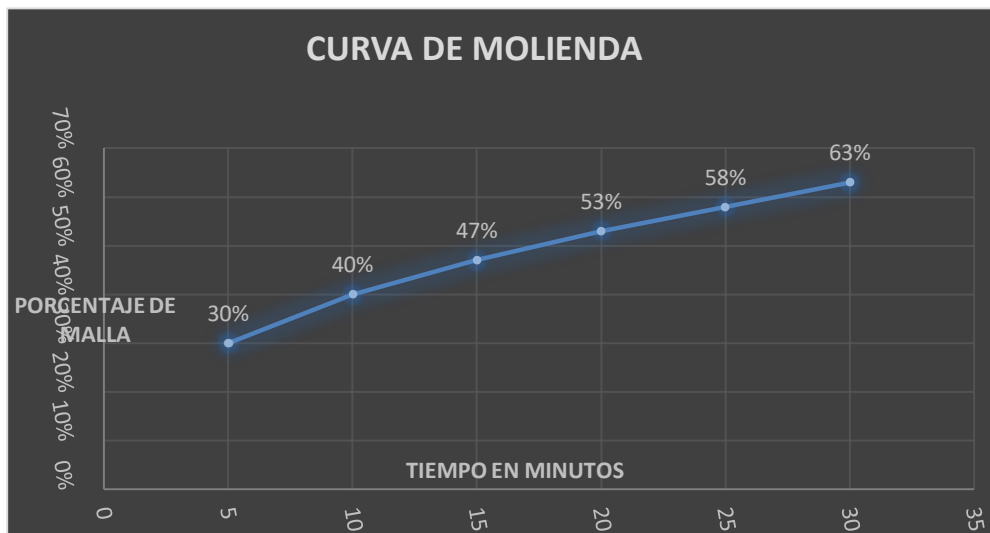


Figura N°11.- Curva grafica de moliendabilidad

Tabla N°3.- Resultados de pruebas de molienda

TIEMPO MIN	PORCENTAJE DE MALLA A	PORCENTAJE MALLA B	PORCENTAJE MALLA C
5	31%	28%	30%
10	40%	38%	40%
15	48%	45%	47%
20	54%	52%	53%
25	58%	57%	58%
30	63%	62%	63%

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

W (inicial): 10 g

W (+200M): 3.8 g

W (-200M): 6.2 g

$$\% - 200M = \frac{W(-200M) \times 100}{10} = 62 \%$$

$$\% - 200M = \frac{6.2 \text{ g} \times 100}{10} = 62 \%$$

D) GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL



Figura N°12.- Prueba por el método del picnómetro

Objetivo:

Conocer la relación que existe entre la masa y el volumen, usando el método del picnómetro.

Materiales:

- Picnómetro 50 ml.
- Pizeta.
- Espátula.

Equipos:

- Balanza Digital

Formulas

$$V(\text{obtenido}) = W(\text{peso del picnómetro}) + W(\text{mineral utilizado}) + W(H_2O)$$

$$V(\text{mineral}) = V(\text{picnómetro}) - V(\text{obtenido})$$

$$W(H_2O) = V(H_2O)$$

$$G.e = \frac{W(\text{mineral inicial})}{V(\text{mineral})}$$

Donde:

V = Volumen

W = Masa

G.e = Gravedad Especifica.

Datos:

Peso el picnómetro en vacío = **28.2 g.**

Tabla N°4.- Gravedad específica datos y resultados

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MINERAL			
Datos	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C
W(mineral inicial)	8.6 gr	13.7 gr	16.9 gr
W_{H2O} = V_{H2O}	9.9 gr	2.8 gr	2.1 gr
V(mineral)	3.3 gr	5.3 gr	6.6 gr
G.e	2.6	2.6	2.6

Resolución:

MUESTRA (A)

VOLUMEN TOTAL OBTENIDO

$$V_{(obtenido)} = 28.2 \text{ gr} + 8.6 \text{ gr} + 9.9 \text{ gr}$$

$$V_{(obtenido)} = 46.7 \text{ gr} \dots\dots\dots(1)$$

VOLUMEN DEL MINERAL

$$V_{(mineral)} = 50 \text{ gr} - 46.7 \text{ gr}$$

$$V_{(mineral)} = 3.3 \text{ gr} \dots\dots\dots(2)$$

GRAVEDAD ESPECIFICA OBTENIDA

$$G.e = 8.6 \text{ g} / 3.3 \text{ g}$$

$$G.e = 2.6$$

E) PREPARACIÓN DE REACTIVOS

Objetivo:

- Preparar los reactivos con las concentraciones establecidas de tal modo que en el momento de la flotación se dosifiquen las cantidades previstas en cada prueba experimental.

Materiales:

- Pipeta de 5ml
- Probeta de 50 ml
- Pomos de vidrio.
- Pizeta.
- Goteros.

Equipos:

- Balanza Digital

Procedimiento:

Los procedimientos iniciales en un tratamiento de flotación es tener diferenciado cada reactivo y cada dosificador evitando un error de reacción, errores que se desean evitar. En el caso de los reactivos de media dureza y/o solidos (Z-11, Z-6, CaO y Na₂S) su preparación dependerá de la concentración a efectuar en cada prueba experimental, preparados en vasos precipitados diluidos y enrazados con agua oxigenada, evitando reacciones producto de iones presentes en soluciones poco desconocidas obteniendo un reactivo limpio. En el caso de los reactivos líquidos y/o viscosos como es el caso de los espumantes, aeroflat considerar el estado puro observando reacciones y evitando alteraciones en cada operación de flotabilidad.

El consumo de Cal como reactivo principal en este tipo de prueba experimental será de importancia para lograr la alcalinidad o el pH deseado efectuando el pesaje de este reactivo actuando en forma sólida sobre la pulpa de flotación.



Figura N°13.- Peso de reactivos sólidos

F) PRUEBA DE FLOTACIÓN DE MINERALES

Objetivo:

Recuperar el contenido metálico y de interés presentes en la pulpa de flotación por acción mecánica, eléctrica y química. Siendo el Cu y el Au los metales de mayor interés. Obteniendo un concentrado con 2 productos denominado concentrado bulk.

Materiales:

- Pizeta
- Luna reloj
- Bandejas metálicas
- Papel de pH

Equipos:

- Celda de flotación tipo Denver de laboratorio.

Procedimiento:

Se añade la cantidad de mineral pesada a la celda de flotación, agregamos agua enrazando hasta el límite señalado en la celda de flotación el acondicionamiento se estará ejecutando en tiempos de 2-5 min por etapas. Encendemos la celda de flotación actuara el agitador sobre la pulpa desarrollándose una homogeneidad, en esta etapa no activamos el aire así que tenemos que cerciorarnos que nuestra entrada de aire este bloqueada procediendo con la adición de los reactivos a utilizar. Una vez que todas las variables estén presentes desbloqueamos el paso del aire obteniendo una reacción de flotabilidad. La adición de los reactivos estará establecida del siguiente orden:

- Modificador.
- Espumante.
- Colector.

Reactivos a Utilizar:

- Cal
- Z-6 / Z-11
- D-250

- A-208
- A-404
- A-3418

Reacción:

La pulpa dentro de la celda estará clasificada por 3 zonas dinámicas una zona inferior de mesclado, una zona intermedia de mineralización y una zona superior de espumas.

Flotación Rougher:

En esta etapa nuestro objetivo principal es la recuperación de concentrado bulk Cu, Fe y Au tratando de obtener una recuperación óptima con un mínimo de impurezas.

Proceso de Flotación:

Obtener el pH establecido añadiendo Cal a la celda de flotación, necesaria para obtener una reacción estable y así evitar alteraciones por acides mineral. Seguido, se añaden los reactivos generadores de espuma como es el caso del D-250 y/o xantatos y aeroflats en esta secuencia estaremos obteniendo una reacción de espumas, las cantidades de reactivo a utilizar varían en cada prueba experimental a diferencia de la Cal. En el momento que se desarrollan las reacciones como resultado de la homogenización realizada por la acción del aire en la celda de flotación estamos obteniendo el concentrado o carga metálica y con el giro mecánico de las paletas estarán siendo depositadas en bandejas metálicas previamente identificadas.



Figura N°14.- Prueba experimental N°2

G) SECADO DEL MINERAL

Objetivo:

Obtener el peso en seco de cada producto obtenido en cada etapa de la prueba experimental; determinar el peso y valores mediante un análisis químico obteniendo así los datos necesarios para ser ejecutados en un cuadro de balance metalúrgico.

Materiales:

- Bolsas de 500 g rotuladas
- Bandejas metálicas

Equipos:

- Plancha de secado.
- Balanza Digital.

Procedimiento:

Una vez terminada la prueba experimental de flotación cada bandeja rotulada está con el producto obtenido de cada etapa de flotación, las mismas serán trasladadas a la plancha de secado a una temperatura centrifuga con el objetivo de eliminar la humedad total presente y obteniendo como resultado una muestra de mineral pulverizada libre de humedad.

Estos solidos obtenidos son pesados y depositados en sus respectivos sobres con los datos en base al tipo de análisis que se desea conocer.



Figura N°15.- Laboratorio FIMM – Área de secado

3.6.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

A) MINERAL UTILIZADO EN LA CELDA

Formulas:

$$W(\text{mineral}) = V(\text{celda}) \times V(\text{pulpa}) \times \% S$$

$$\% S = \frac{(d - 1) \times G.e}{(G.e - 1) \times d} \times 100$$

Donde:

W = Masa

V = Volumen

%S = Porcentaje de Sólidos

d = Densidad

G.e = Gravedad Específica

REEMPLAZANDO DATOS:

- Porcentaje de Sólidos

$$\% S = \frac{(1.350 \text{ kg/l} - 1) \times 2.6}{(2.6 - 1) \times 1.350 \text{ kg/l}} \times 100$$

$$\% S = 42 \%$$

- Mineral utilizado en la celda de flotación

$$W(\text{mineral}) = 2.3 \text{ l} \times 1.350 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 0.42$$

$$W(\text{mineral}) = 1,3041 \text{ kg}$$



Figura N°16.- Mineral utilizado en la celda de flotación

A) CONSUMO DE REACTIVOS:

PRUEBA NÚMERO 1

Peso de la Muestra: 1304 g

Grado de Molienda: 62% -200M

pH de flotación: 11.00

Tabla N° 5.- Consumo de reactivos Prueba N° 1

REACTIVOS	% Solución	FLOTACIÓN	
		Acondicionamiento	Flotación
		t =3 min	t = 5 min
Cal	Puro	8 gr	-
Aero Promotor 404	Puro	-	-
Xantato Z- 11	10%	-	-
Xantato Z-6	10%	1 ml	-
Dowfroth 250	Puro	3 gotas	-
Sulfuro de sodio	20%	10 ml	-
Aerophine 3418 A	Puro	5 gotas	-
Aero Float A- 208	Puro	1 ml	-

PRUEBA NÚMERO 2

Peso de la muestra: 1304 g

Grado de molienda: 62% -200M

pH de flotación: 11.00

Tabla N° 6.- Consumo de reactivos Prueba N° 2

REACTIVOS	% Solución	FLOTACIÓN	
		Acondicionamiento	Flotación
		t =3 min	t = 5 min
Cal	Puro	8 g	-
Aero Promotor 404	Puro	1 ml	-
Xantato Z- 11	10%	-	-
Xantato Z-6	10%	3 ml	-
Dowfroth 250	Puro	3 gotas	-
Sulfuro de sodio	20%	-	-
Aerophine 3418 A	Puro	5 gotas	-
Aero Float A- 208	Puro	-	-
Oxiodre	Puro	1 ml	-

PRUEBA NÚMERO 3

Peso de la muestra: 1304 g

Grado de molienda: 62% -200M

pH de flotación: 11.00

Tabla N° 7.- Consumo de reactivos Prueba N° 3

Reactivos	% Solución	FLOTACIÓN	
		Acondicionamiento	Flotación
		t=3 min	t= 5 min
Cal	Puro	10 g	-
Aero Promotor 404	Puro	-	-
Xantato Z- 11	10%	5 ml	-
Xantato Z-6	10%	-	-
Dowfroth 250	Puro	2 gotas	-
Sulfuro de sodio	20%	-	-
Aerophine 3418 A	Puro	-	-
Aero Float A- 208	Puro	-	-

PRUEBA NÚMERO 4

Peso de la muestra: 1304 g

Grado de molienda: 62% -200M

pH de flotación: 11.00

Tabla N°8.- Consumo de reactivos Prueba N° 4

		FLOTACIÓN			
		Etapa Rougher		Etapa Escavenger	
		Acondicio- namiento	Flotación	Acondiciona- miento	Flotación
REACTIVOS	% Solución	t=3 min	t= 5 min	t=3 min	t = 10 min
Cal	Puro	8 g	-	-	-
Aero Promotor 404	Puro	-	-	-	-
Xantato Z- 11	10%	-	-	-	-
Xantato Z-6	10%	2 ml	-	5 ml	-
Dowfroth 250	Puro	3 gotas	-		-
Sulfuro de so- dio	20%	5 ml	-	5 ml	-
Aero Float A- 208	Puro	-	-	-	-

3.7. ASPECTOS ÉTICOS, CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Las prácticas experimentales y el uso de las variables aplicadas en un determinado desarrollo técnico y/o profesional nos aproximan al mejor desarrollo obteniendo parámetros a aplicar y a efectuar en cualquier proceso productivo influyendo en la formación profesional y en la conquista del bien deseado haciéndonos partícipes del logro obtenido. En situaciones influyendo en el desarrollo evolutivo.



Figura N°17.- Prueba experimental de flotación N°3

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS DATOS.

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

PRUEBA NÚMERO 1

Tabla N°9.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°1

CUADRO DE BALANCE DE CONCENTRADO BULK											
COMPONENTE	PESO	%	% LEYES		K	C.M		R		DISTRIBUCION	
			Cu %	Au(Oz/TC)		Ton	Oz	Cu %	Au %	Cu %	Au %
Cabeza	1304	100	1.70	0.095		22.23	123.88			100	100
Concentrado BULK	304.70	23.37	5	0.4	4.28	15.24	121.88	68.726	98.387	68.726	98.387
Relave	999.30	76.63	0.7	0.002		7.00	2.00			31.274	1.613
						22.23	123.88				

PRUEBA NÚMERO 2

Tabla N°10.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°2

CUADRO DE BALANCE DE CONCENTRADO BULK											
COMPONENTE	PESO	%	% LEYES		K	C.M		R		DISTRIBUCION	
			Cu %	Au(Oz/TC)		Ton	OZ	Cu %	Au %	Cu %	Au %
Cabeza	1304	100	1.60	0.078		20.82	101.71			100	100
Concentrado BULK	332.56	25.50	2.9	0.3	3.92	9.64	99.77	46.225	98.090	46.225	98.090
Relave	971.44	74.50	1.15	0.002		11.17	1.94			53.775	1.910
						20.82	101.71				

PRUEBA NÚMERO 3

Tabla N°11.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°3

CUADRO DE BALANCE DE CONCENTRADO BULK											
COMPONENTE	PESO	%	% LEYES		K	C.M		R		DISTRIBUCION	
			Cu %	Au(Oz/TC)		Ton	OZ	Cu %	Au %	Cu %	Au %
Cabeza	1304	100	1.67	0.17		21.88	221.68			100	100
Concentrado BULK	150.50	11.54	14	1.45	8.66	21.07	218.22	96.752	98.439	96.752	98.439
Relave	1153.50	88.46	0.07	0.003		0.81	3.46			3.248	1.561
						21.88	221.68				

PRUEBA NÚMERO 4

Tabla N°12.- Cuadro de balance Metalúrgico Prueba N°4

CUADRO DE BALANCE DE CONCENTRADO BULK											
COMPONENTE	PESO	%	% LEYES		K	C.M		R		DISTRIBUCION	
			Cu %	Au(Oz/TC)		Ton	OZ	Cu %	Au %	Cu %	Au %
Cabeza	1304	100	1.60	0.09		21.06	117.36			100	100
Concentrado BULK	80.49	6.17	14	0.85	16.20	11.27	68.42	54.012	58.299	54.012	58.299
Relave	1223.51	93.83	0.8	0.04		9.79	48.94			45.988	41.701
						21.06	117.36				

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los diferentes resultados obtenidos de cada prueba experimental muestran diferencias producto de los diferentes parámetros realizados en cada prueba experimental
- Las dosificaciones y reactivos utilizados nos muestran una referencia del producto obtenido y la reacción que se ha generado en cada prueba experimental.
- Los consumos y resultados obtenidos, expresan que reactivos reaccionan de manera favorable en estos tipos minerales con características poco variables.
- Los reactivos primarios presentan una excelente hidrofobicidad en la prueba experimental N°3 obteniendo los mejores valores y resultados.
- El control de los sulfurizantes o reactivos modificadores genera en estudio general sobre el uso % consumo cuando se pretende obtener mejores resultados a los previstos.
- Obteniendo un mayor volumen en peso de carga metálica podremos obtener una mayor recuperación del metal deseado. Partiendo de los valores iniciales presentados.

CAPITULO V: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

1. Se determinó mediante el análisis los parámetros de grado de liberación, dosis de reactivos, en las pruebas experimentales de flotación de minerales oxidados de cobre con presencia de oro provenientes de la zona de Salaverry.
2. Los parámetros establecidos en las pruebas experimentales, el más óptimo del grado de liberación es de 62% -200M, con tiempo de acondicionamiento de 3 minutos y de flotación de 5 minutos, la dosis de reactivos son cal 10 g, D250 2 gotas y Z-11 5 ml al 10% lográndose mejor recuperación de cobre y oro en concentrado.
3. Los resultados obtenidos en la prueba experimental N°3 son los mejores valores logrados en calidad y recuperación, con leyes de concentrado de 14% de Cu y 1.45 Au(oz/TC) y recuperaciones del 96.75% para el Cu y un 98.493 % para el Au respectivamente; considerado como prueba experimental rentable.

5.2. RECOMENDACIONES.

El cuidado y descontaminación de los equipos y materiales son base inicial en operaciones mecánicas y químicas.

Los reactivos (D-250, Z-6, Z-11, A-40, Na₂S, A-208, AEROPHINE 3418 y Cal) deben de ser estudiados, conociendo sus propiedades físicas y químicas reduciendo la probabilidad de alteración en cada prueba experimental.

Los procedimientos y reacciones deben de ser anotadas en una libreta de apuntes obteniendo un resumen general.

La identificación de materiales a utilizar nos evitan el error.

El uso de E.P.P (Equipos de protección personal) son necesarios.

Con un buen manejo y cuidado de materiales se está logrando un buen resultado.

5.3. LIMITACIONES

El estudio experimental realizado en los minerales oxidados con contenidos de oro ha generado una investigación sobre el comportamiento que presentan estos minerales con características poco variables. Se pretende construir un concepto sobre la preparación mecánica y acción química obteniendo resultados y atendiendo las diferentes necesidades propias de un tratamiento operacional.

REACCIÓN MECÁNICA

La necesidad obtener productos y resultados favorables en tratamientos de esta naturaleza nos hacen ser objeto de lineamientos y formulas desarrolladas en base a estudios y otras fórmulas desarrolladas en acciones inmediatas lo cual nos hace ser partícipes y analistas.

REACCIÓN QUÍMICA

Los estudios de reacción y acción química será un tema de interés por el cual se pretende esclarecer el desarrollo hidrofóbico en minerales con características hidrofílicas.

ESTUDIO

El conocimiento como presencia de acción, se podrá optar por el mejor método conociendo los detalles plasmados generando en situaciones cambios diferentes a los establecidos o creando nuevas técnicas en participación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Dana Edwar S. y W.E. Ford. Tratado de mineralogía. 8.a edic., Edit. Continental S. A. México, 1981, pp. 571-577, 814
2. Sutulov Alexander. Flotación de Minerales. Cap. IX. Universidad de Concepción (Chile), 1963, pp. 315-332
3. B. Marou J. Bessiere, R. Houot an P Blazy Selective flotation of Sfalerite fron Pb Zn ore without cooper activation CIM Bulletin, 41-44
4. Félix Aucallanchi Velásquez, Compañía editorial Racso “Problemas de Química y cómo resolverlos” primera edición 2001
5. Internet consultores metalúrgico, MINERALES OXIDADOS org.
6. Pérez, L, “MOLIENDA FACTOR DECISIVO EN LA RECUPERACIÓN DE ORO”, V convención regional de Ingenieros de minas
7. ROYAL CHEMICAL, getting stroger with Perú MINERALS & CHEMICAL, reactivos de flotación de minerales y productos de la industria , Lima - Perú
8. Hernández. R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación.
9. Ing. Henry D. Brañes C . Minas y Metalurgia, PULPAS EN MINERIA 1984.
10. Azareño Ortiz Angel “CURSO DE CONCENTRACIÓN Y FLOTACIÓN DE MINERALES”, EAP ING METALURGICA UNMSM LIMA PERU 2010
11. CASTELLAN, GILBER W, Fisicoquímica Addison – Wesley Iberoamericana, segunda edición, 1987
12. Introducción a la Flotación de Minerales – Venancio Estucurú Tinoco 1994

13. M.Bosse, V. Conejeros y M. Rivas, 2013, “OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL NaSH EN LA FLOTACIÓN DE MINERALES DE COBRE”, Universidad Católica del Norte, Antofagasta Departamento de Ingeniería Metalúrgica.

14. Chumbes Segovia, José Alejandro, 2014, “TRATAMIENTO DE MINERALES MIXTOS PARA LA CONCENTRACION POR FLOTACIÓN DE COBRE EN LA CONCENTRADORA SAN JOSE” San Luis Gonzaga, Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica.

15. Luis Martin Torrico, 2017, “OPTIMAZION DE LA FLOTACION DE MINERALES MIXTOS DE COBRE EN LA PLANTA PERU METAL TRADING & PROCESS S.A.C. NASCA”, San Luis Gonzaga, Escuela Profesional de Ingeniería de Metalúrgica.

ANEXOS

Tabla N°13.- Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>GENERAL:</p> <p>¿De que manera influye las pruebas experimentales de determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Analizar las pruebas experimentales de determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La prueba experimental influye en la determinación de parámetros en la flotación de minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Pruebas experimentales de determinación de Parámetros en la flotación.</p>	<p>Acondicionamiento del circuito de tratamiento.</p> <p>Reactivos a utilizar</p> <p>Grado de liberación</p> <p>- Proceso de Flotación</p>
<p>ESPECIFICOS:</p> <p>¿Cuáles son los parámetros de las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro?</p> <p>¿Cuáles son las características de los minerales oxidados de cobre con contenido de oro de la zona de Salaverry?</p>	<p>ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los parámetros de las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro. • Analizar las características de los minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry y los tipos y dosificación de reactivos para flotar. 	<p>ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe relación de los parámetros con las pruebas experimentales en la flotación de óxidos de cobre con contenido de oro. • Favorecen las características de los minerales oxidados de cobre con contenido de oro de la zona de Salaverry y los reactivos en la flotación. 	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Minerales oxidados de cobre con contenidos de oro de la zona de Salaverry</p>	<p>Recuperación</p> <p>Concentrados Obtenidos</p> <p>Resultados Finales</p>



Figura N°18.- Molino de bolas



Figura N°19.- Laboratorio metalúrgico San Hilarión Nasca 2016

SULFURO DE SODIO

HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES

1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑIA

Nombre Comercial: Sulfuro de sodio
Nombre Químico: Sulfuro de sodio
Formula Química: $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Nombre de la Comercializadora: QUIMPAC ECUADOR S.A.
Dirección de la Comercializadora: Km. 16.5 vía a Daule, Av. Rosavín y Cobre

TELEFONOS DE EMERGENCIA

QUIMPAC ECUADOR S.A.: (593-4) 2162660-2162220 Ext. 330
 099-9482-937 / 099-9500-081

2. IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS

ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL	CLASIFICACION SGA DE SUSTANCIA / MEZCLA
	
<p>ATENCIÓN Puede provocar daños en los órganos, (Sistema nervioso central, hígado y urinarios)</p>	<p>ATENCIÓN Provoca irritaciones cutáneas y oculares graves</p>
	<p>UN: 1849</p>

HOJA MSDS

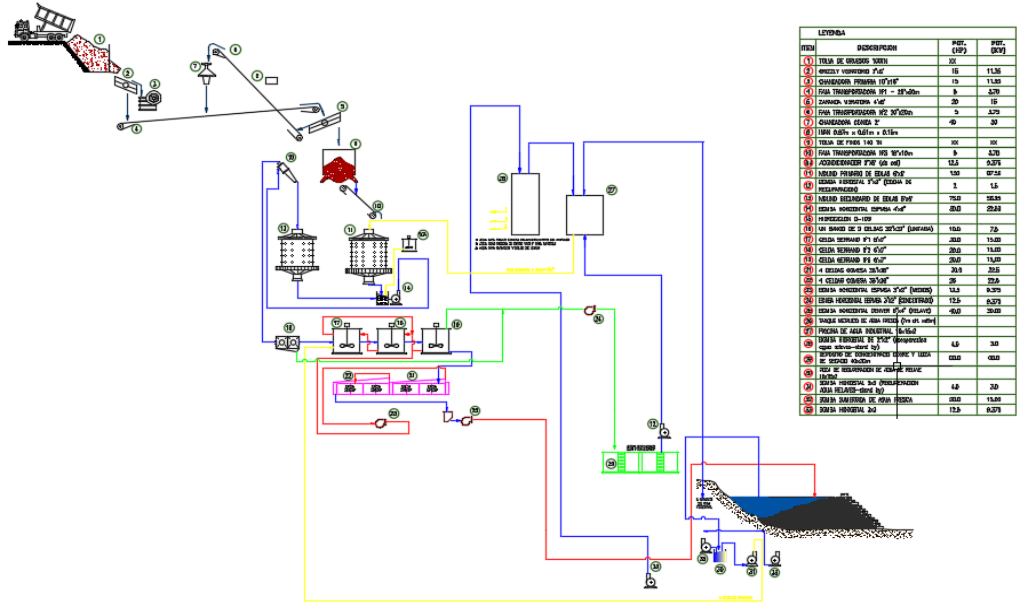


Figura N°20.- Circuito de flotación



Figura N°21.- Celdas de Flotación



Figura N°22.- Cancha de Minerales



Figura N°23.- Google earth (Salaverry)