

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA**



**TESIS**

**FLOTACIÓN DE OXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN DE LOS  
RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO SANTA ANA – NAZCA,  
(INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)**

**PRESENTADO POR:**

Br. DARWIN HUILLCA DIAZ

Br. YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO METALURGICO**

**ASESOR:**

Ing. EDUARDO MARCELO QUISPE NINA

**CUSCO-PERÚ**

**2025**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSSAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: .....  
**FLOTACIÓN DE OXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN**  
**DE LOS RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO**  
**SANTA ANA - NAZCA, (INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)**.....

Presentado por: **DARWIN HUILLCA DIAZ** con DNI: **7724244**...presentado  
por: **YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA** DNI: **71920865**..Para optar el  
título profesional/grado académico de **INGENIERO METALURGICO**.....

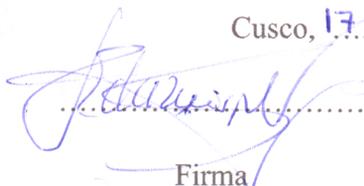
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **03**... veces, mediante el  
software Antiplagio conforme al Art. 6 del reglamento para uso del sistema Antiplagio de la  
**UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **8**...%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o  
título profesional, tesis.

Porcentaje	Evaluación y acciones	Marque con una (x)
Del 1 al 10%	No se considera plagio	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones	<input type="checkbox"/>
Mayor al 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera pagina del reporte del sistema Antiplagio.

Cusco, **17** de **JUNIO**..... de 20**25**



Firma

Post firma **Eduardo Marcelo Quispe Nina**

Nro. De DNI **23957149**.....

ORCID del asesor **0000-0002-4473-1580**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: old: **27259:467791604**

# DARWINHUILLCA DIAZ YUDITH ZAMANTA LLASA ... FLOTACIÓN DE OXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN DE LOS RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO SANTA ANA -NA

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:467791604

Fecha de entrega

17 jun 2025, 11:24 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

17 jun 2025, 12:03 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

tesis corregida despues de sustentación final.docx

Tamaño de archivo

7.6 MB

148 Páginas

15.372 Palabras

80.695 Caracteres

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
26 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## PRESENTACIÓN

Señor decano de la facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la universidad nacional de san Antonio abad del cusco, señores catedráticos de la comisión dictaminadora.

De acuerdo al reglamento de Grados y Títulos aprobada por la resolución Nro CU-324-2020-UNSAAC artículo 18° de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica vigentes para Optar al Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico, ponemos a vuestra disposición nuestra Tesis intitulada: **FLOTACIÓN DE OXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN DE LOS RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO SANTA ANA – NAZCA (INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)**.

El siguiente trabajo de investigación tecnológica muestra nuestros conocimientos científicos, académicos y técnicos, principalmente en el campo de procesamiento de minerales. Por lo que se desarrolló en el laboratorio metalúrgico mediante el proceso de flotación, además, la flotación es un método de concentración de minerales ampliamente utilizada en el Perú, esto con el fin de alcanzar una recuperación adecuada y una calidad optima de concentrado de plomo.

HUILLCA DIAZ, Darwin

LLASA MOLLOHUANCA, Yudith Zamanta

## **DEDICATORIA**

La tesis se lo dedico de todo mi corazón a mis padres Alejandro y Eudocia, que sin su apoyo no lo habría logrado nunca. De igual manera se lo dedico a los docentes de la carrera de Ingeniería Metalúrgica de la UNSAAC, que me enseñaron y guiaron durante mi permanencia en las aulas y laboratorios, por lo que, sin su apoyo no habría cumplido mis sueños de ser profesional, por darme el ejemplo de ser resiliente a las adversidades durante nuestra vida universitaria.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico especialmente a mis padres, Lucio y Gladis, que día a día ellos me dieron su amor y apoyo incondicional para lograr este sueño que también es de ellos, a mis hermanos Eribert y Henry por siempre estar conmigo y alentarme para no rendirme nunca.

También quiero dedicar esta tesis a mi amada hijita Itzel Alejandra, que es el más grande motivo e inspiración en mi vida por el que sigo adelante y por el que seguiré siempre, y a mi compañero de vida Yon que me alentó para luchar y conseguir esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A la estimada casa de estudios Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica que nos orientó en nuestra formación profesional. A la Planta de Beneficio Santa Ana S.A.C., por brindarnos las facilidades de participar en las áreas de trabajo y poder realizar el trabajo de investigación.

HUILLCA DIAZ, Darwin

LLASA MOLLOHUANCA, Yudith Zamanta

**INDICE**

PRESENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS .....	xii
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Situación Problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. Objetivo de investigación .....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación .....	4
1.4.1. Conveniencia.....	4

1.4.2. Relevancia tecnológica .....	4
1.4.3. Relevancia ambiental .....	4
1.4.4. Relevancia social .....	5
1.4.5. Valor teórico .....	5
1.4.6. Utilidad metodológica.....	5
1.5. Delimitación de la investigación.....	5
1.5.1. Delimitación espacial.....	5
1.5.2. Delimitación temporal .....	6
1.5.3. Viabilidad de estudio .....	6
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes empíricos de la investigación (estado de arte).....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	8
2.1.3. Antecedentes locales .....	8
2.2. Bases Teórica .....	9
2.2.1. Flotación De Minerales.....	9
2.2.2. Hidrofobización Inducida: .....	12
2.2.3. Estudio de la afinidad de fases.....	12
2.3. Físicoquímica de Superficies. ....	12
2.3.1. Tensión Superficial. ....	13

2.3.2. Adhesión partícula - burbuja.....	14
2.4. Termodinámica de flotación de minerales.....	14
2.4.1. Ángulo de contacto y ecuación de Young.....	20
2.4.2. Mecanismo de la mineralización de las burbujas de aire.....	25
2.4.3. Comportamiento hidrofóbico e hidrofílico.....	25
2.5. Teoría de flotación de óxidos.....	26
2.5.1. Teoría de acción de los colectores.....	26
2.5.2. Minerales de óxido de plomo.....	26
2.5.3. Adsorción sobre interfases cargadas.....	27
2.5.4. Proceso de Sulfidización.....	27
2.5.5. Flotación con Sulfidización.....	28
2.5.6. Reactivos y reacciones químicas.....	30
2.5.7. Cristalografía.....	30
<b>CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES.....</b>	<b>32</b>
3.1. Hipótesis.....	32
3.1.1. Hipótesis general.....	32
3.1.2. Hipótesis específicas.....	32
3.2. Variables e Indicadores.....	32
3.2.1. Identificación de variables.....	32
3.2.2. Indicador dependiente.....	33

3.2.3. Indicadores independientes .....	33
3.4. Operacionalización De Variables E Indicadores .....	34
CAPITULO IV: METODOLOGIA DE INVESTIGACION .....	35
4.1. Tipo de investigación.....	35
4.2. Diseño de la investigación .....	35
4.3. Metodología de la investigación .....	35
4.4. Población de estudio .....	36
4.4.1. Población.....	36
4.5. Muestra .....	36
4.6. Técnicas de recolección de datos.....	36
4.7. Procesamiento y análisis de datos.....	36
4.8. Validez y confiabilidad de instrumentos.....	37
4.9. Plan de análisis de datos .....	37
CAPITULO V: RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	39
5.1. Muestreo .....	39
5.1.1. herramientas y materiales .....	39
5.1.2. Análisis de cabeza del mineral.....	40
5.2. Preparación de la muestra .....	40
5.2.1. Filtrado.....	40
5.2.2. Secado.....	40

5.2.3. Homogenización y Cuarteo de las muestras .....	40
5.3. Caracterización mineralógica y minerografía.....	41
5.4. Cálculo de la gravedad específica del mineral.....	43
5.4.1. Determinación del número de pruebas de flotación .....	46
5.4.2. Variables para las pruebas de Flotación.....	48
5.4.3. Análisis de los resultados por el diseño factorial 2k y con replica central .....	48
5.4.4. Reactivos de flotación para las pruebas .....	49
5.5. Procedimiento para las pruebas de flotación a nivel laboratorio .....	50
5.6. Resultados de las pruebas de flotación .....	69
CAPITULO VI: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	71
6.1. Variables del proceso involucrados .....	71
6.1.1. Variables independientes .....	71
6.1.2. Variable dependiente .....	71
6.2. Cálculo de los efectos de variables .....	71
6.2.1. Interpretación de los efectos .....	75
6.2.2. Interpretación de los efectos para la dosificación de Na <sub>2</sub> S.....	75
6.2.3. Análisis de la varianza del diseño factorial.....	76
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	86

ANEXOS ..... 88

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA ADHESIÓN SELECTIVA.....	10
FIGURA 2 ESQUEMA DE CELDA DE FLOTACIÓN.....	10
FIGURA 3 ESQUEMA BÁSICO DEL PROCESO DEL FLOTACIÓN.....	11
FIGURA 4 TENSIÓN SUPERFICIAL.....	13
FIGURA 5. TERMODINÁMICA DE FLOTACIÓN DE MINERALES.....	20
FIGURA 6. ESQUEMA REPRESENTANDO EL ÁNGULO FORMADO ENTRE EL INTERFAZ SÓLIDO/LÍQUIDO Y EL INTERFAZ LÍQUIDO/VAPOR Y EL VÉRTICE EN EL QUE LAS TRES INTERFACES SE ENCUENTRAN CONSTITUYE EL ÁNGULO DE CONTACTO.....	22
FIGURA 7. ESQUEMA REPRESENTANDO LOS ÁNGULOS DE CONTACTO DE UNA SUPERFICIE HIDROFÓBICA E HIDROFÍLICA Y LAS DISTINTAS PROPIEDADES DE LOS MISMOS.....	23
FIGURA 8. SISTEMA SÓLIDO, LÍQUIDO Y GAS.....	23
FIGURA 9. COMPORTAMIENTO HIDROFÍLICO.....	25
FIGURA 10. ÁREA DE CHANCADO Y MOLIENDA.....	42
FIGURA 11. ÁREA FLOTACIÓN.....	46
FIGURA 12. GRAFICA NORMAL.....	80
FIGURA 13. DIAGRAMA DE PARETO.....	81
FIGURA 14. GRAFICA DE LOS 3 EFECTOS.....	82
FIGURA 15. GRAFICA DE LAS INTERACCIONES.....	83

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	34
TABLA 2. ANÁLISIS DE CABEZA DEL MINERAL .....	40
TABLA 3. ANÁLISIS DE MALLA A LO NATURAL .....	42
TABLA 4. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO.....	43
TABLA 5. VARIABLES PARA LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN.....	48
TABLA 6. VALORES INTERMEDIO PARA AJUSTES EN PRUEBA .....	48
TABLA 7. MATRIZ DEL DISEÑO FACTORIAL.....	49
TABLA 8. REACTIVOS PARA FLOTACIÓN DE LOS ÓXIDOS.....	49
TABLA 9. PRUEBAS DE FLOTACIÓN.....	50
TABLA 10. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 01.....	59
TABLA 11. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 02.....	60
TABLA 12. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 03.....	61
TABLA 13. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 04.....	62
TABLA 14. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 05.....	62
TABLA 15. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 06.....	63
TABLA 16. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 07.....	64
TABLA 17. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 08.....	65
TABLA 18. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 09.....	66
TABLA 19. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 10.....	67
TABLA 20. BALANCE METALÚRGICO DE LA PRUEBA N° 11.....	67
TABLA 21. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN.....	69
TABLA 22. MATRIZ Y RESPUESTAS EXPERIMENTALES.....	73

TABLA 23. EFECTO DE LAS VARIABLES E INTERACCIONES. ....	75
TABLA 24. ANÁLISIS DE VARIANZA .....	78
TABLA 25. ANÁLISIS DE R CUADRADO .....	79

**SIGLAS Y ABREVIATURAS**

Z-11: Zantato isopropílico de sodio

D-250: Dowfroth 250 (polipropilenglicol monometil éter)

Na<sub>2</sub>S: Sulfuro de sodio

Anglesita: Sulfato De Plomo II (PbSO<sub>4</sub>)

Cerusita: Carbonato de Plomo (PbCO<sub>3</sub>)

UNMSM: Universidad Nacional Mayor De San Marcos

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal aumentar la recuperación de la anglesita y cerusita mediante la flotación por espumas, estos minerales que se forman de la oxidación de la galena de una mena primaria de plomo. Se realizó 8 experimentos y se le sumó 3 experimentos centrales, obteniendo un total de 11 experimentos. Se obtuvo como recuperación máxima 91.22% en sus mejores condiciones operativas utilizando el modelo factorial de  $2^3$  con una réplica y 3 puntos centrales. Esta investigación nace de la necesidad de aprovechar al máximo los recursos presentes en los relaves, muchas veces subvalorados, pero que aún contienen minerales valiosos. A través de un enfoque experimental riguroso y apoyados por herramientas estadísticas como el diseño factorial, se logró analizar el comportamiento de los óxidos de plomo frente al proceso de sulfidización y flotación. En este proceso, el uso adecuado de reactivos como el sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) y el colector Z-11, junto con el control de la granulometría, fue esencial para lograr una recuperación eficiente. Los resultados obtenidos no solo demuestran el potencial de esta metodología para incrementar la recuperación de plomo, sino que también representan una contribución significativa al desarrollo tecnológico en beneficio de las plantas de procesamiento de minerales.

Palabras clave: Sulfidizante, Plomo, Flotación, Recuperación, Minerales Oxidados.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to increase the recovery of anglesite and cerussite through froth flotation; these minerals are formed by the oxidation of galena from a primary lead ore. Eight experiments were carried out, and three central experiments were added, resulting in a total of eleven experiments. A maximum recovery of 91.22% was achieved under optimal operating conditions using a  $2^3$  factorial model with one replicate and three central points. This research arises from the need to make the most of the resources present in tailings, often undervalued but still containing valuable minerals. Through a rigorous experimental approach and supported by statistical tools such as factorial design, the behavior of lead oxides was analyzed during the sulfidization and flotation processes. In this process, the proper use of reagents such as sodium sulfide ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) and the collector Z-11, along with control over particle size (granulometry), was essential to achieve efficient recovery. The results obtained not only demonstrate the potential of this methodology to increase lead recovery, but also represent a significant contribution to technological development for the benefit of mineral processing plants.

Keywords: Sulfidizer, Lead, Flotation, Recovery, Oxidized Minerals.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó principalmente por la baja recuperación de los minerales provenientes de la mina Patamina-Chumbivilcas, que son procesadas en la planta de beneficio Santa Ana SAC-Nazca mediante la flotación por espumas de los relaves.

En el capítulo I, describe las problemáticas que se plantea en la investigación, definir el objetivo general y los objetivos específicos por lo cual se tiene 3 variables que influirán durante toda la investigación como son la dosificación de sulfuro de sodio, Z-11 y granulometría; también se puede encontrar las justificaciones de la investigación.

En el capítulo II, se observa los antecedentes de la investigación, las bases teóricas explicando que es la flotación de minerales, la hidrofobización inducida, fisicoquímica de superficies, tensión superficial, termodinámica de la flotación, teoría de flotación de óxidos, proceso de sulfidización, proceso de sulfidización por lo cual se vio que al agregar el agente sulfidizante denominado sulfhidrato de sodio, es de gran ayuda por lo que se obtiene mayor recuperación con estos concepto se logra entender como ocurre la flotación de minerales oxidados.

En el capítulo III, determina la hipótesis nula en la investigación por los conocimientos previos y estudios realizados. definimos mediante un cuadro la operacionalización de variables e indicadores.

En el capítulo IV, se define la metodología de la investigación como son el tipo de investigación que es de tipo tecnológico cuantitativo, diseño de la investigación que es de tipo experimental-deductivo, población de estudio que son los relaves de la flotación de minerales de la planta de beneficio Santa Ana - Nazca, técnica de recolección de datos, procesamiento y análisis

de datos, validez y confiabilidad de instrumentos, plan de análisis de datos, cronogramas de actividades.

En el capítulo V, Resultados experimentales comienza con el muestreo del mineral en la planta de beneficio Santa Ana -Nazca, posteriormente se mandó a analizar la cabeza al laboratorio Actlabs Skyline Perú S.A.C., donde nos determinaron que contenía 10.82 % de plomo total y 10.50 % de plomo oxidado, de ahí se llevó al laboratorio de la carrera de Ingeniería Metalúrgica de la UNSAAC donde se determinó la gravedad específica del mineral y se realizó las pruebas de flotación.

En el capítulo VI, se analizó los resultados obtenidos en las 11 pruebas, se calculó los 3 efectos principales y las 3 interacciones dobles y una interacción triple mediante el programa del Minitab donde se determinó la significancia de cada uno de los resultados obtenidos.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Situación Problemática

El conocimiento sobre la flotación de minerales oxidados es esencial. Generalmente, se emplean dos métodos: la flotación directa con colectores de cadena larga de carbono, y la flotación con colectores tipo xantato, previa sulfidización del mineral. Los principales minerales oxidados de plomo son la cerusita y la anglesita. Este tipo de flotación presenta alta complejidad, especialmente cuando están presentes minerales sulfurados.

La flotación de los óxidos de plomo enfrenta diversas complicaciones. Minerales como la cerusita y la anglesita presentan una superficie hidrofílica, lo que dificulta su adherencia a las burbujas de aire necesarias para el proceso. Además, estos compuestos tienen baja reactividad con colectores convencionales como los xantatos, lo que limita la eficiencia de la flotación directa. En el caso de la cerusita, su tendencia a disolverse en el agua puede alterar el equilibrio químico del sistema, afectando negativamente la recuperación del mineral. La situación se complica aún más cuando coexisten minerales sulfurados, ya que estos pueden consumir los reactivos o modificar la superficie de los óxidos, interfiriendo en el proceso. Por estas razones, es común aplicar una etapa previa de sulfurización para hacer los óxidos más flotables, procedimiento que requiere un control preciso para ser eficaz para lo cual se evaluará las variables como la dosificación de xantato isopropílico de sodio, la influencia de sulfidizante  $\text{Na}_2\text{S}$  y la granulometría precisas para una excelente recuperación y comercialización del concentrado final.

La flotación de óxidos de plomo es importante porque permite recuperar plomo a partir de minerales secundarios como la cerusita y la anglesita, especialmente cuando los minerales sulfurados ya han sido agotados o están en baja proporción. Este proceso amplía el

aprovechamiento de los recursos minerales, mejora la eficiencia global de la recuperación del plomo y contribuye a la rentabilidad de las operaciones mineras, especialmente en yacimientos complejos o parcialmente oxidados. Además, permite tratar residuos o relaves antiguos con valor económico.

La flotación de los óxidos de plomo se realiza principalmente mediante dos enfoques. El primero es la flotación directa, que emplea colectores especiales como ácidos grasos o sulfonatos de cadena larga, los cuales se adsorben en la superficie hidrofílica de los minerales oxidados, volviéndolos hidrofóbicos y aptos para su recuperación. Este método exige un control preciso del pH y de las condiciones químicas del sistema. El segundo método, más utilizado por su mayor efectividad, es la flotación de sulfidización. Para lo cual proponemos viendo los estudios del laboratorio FOSFOQUIM según el doctor Franziskus Horn se debe realizar un previo acondicionamiento del mineral con el sulfidizante  $\text{Na}_2\text{S}$  ya que produce la reacción del recubrimiento de una capa sulfurada sobre la partícula del mineral oxidado (cerusita o la anglesita) para que esta sea flotable, que permita la adsorción del colector xantato isopropílico de sodio realizando un control del grado de libertad de la partícula o granulometría mayores a 60 % malla -200.

Por tales consideraciones planteamos la siguiente pregunta:

¿En qué medida se recuperará los óxidos de plomo mediante la flotación por sulfidización de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿En qué medida se recuperará por flotación de óxido de plomo por sulfidización del relave en la planta de beneficio Santa Ana-Nazca?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál será la dosificación de Z-11 para una recuperación ideal en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana - Nazca?
- ¿Cuál será la dosificación de sulfuro de sodio que permita una mayor recuperación de óxido de plomo por flotación a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana - Nazca?
- ¿Cuál es la granulometría para una buena recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana - Nazca?

### **1.3. Objetivo de investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Recuperar el óxido de plomo por flotación utilizando sulfidizantes de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Definir la dosificación de Z-11 para una adecuada recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.

- Determinar la dosificación de sulfuro de sodio para incrementar la recuperación del óxido de plomo por sulfidización a partir de la flotación de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana–Nazca.
- Determinar la granulometría para una buena recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Conveniencia**

El tema es muy importante ya que no ha existido constancia de estudios que busquen mayor recuperación por sulfidización del plomo de los relaves existentes y el beneficio que aporta a las plantas mineras es que mediante la sulfidización se hallará mayor recuperación de plomo en la planta de Beneficio Santa Ana, Nazca, aparte de ello generar un comercio mucho más justo para ambas partes y estar inmersos dentro de las empresas competitivas.

### **1.4.2. Relevancia tecnológica**

Al determinar los parámetros para aumentar la recuperación de óxidos de plomo en el proceso de flotación, de los minerales mixtos de plomo, contribuye al desarrollo y la mejora continua de este tipo de minerales, influyendo al desarrollo tecnológico.

### **1.4.3. Relevancia ambiental**

El proceso de flotación es eco amigablemente con el medio ambiente, por lo que los minerales serán procesados dentro de las normas ISO14000 y la ISO 14001 para la gestión de la deposición de los relaves y las normas ISO18000 para la salud de los trabajadores. En este apartado

cobra especial importancia el riesgo para la salud de los propios trabajadores, de toda la población y del medio ambiente de la zona afectada (flora y fauna).

#### **1.4.4. Relevancia social**

El trabajo realizado tiene repercusión social porque incrementará la recuperación de óxidos de plomo el cual dará más beneficios a los mineros que extraen y procesan el mineral en plantas de beneficio que son proveniente de los socavones, el cual dará mejor calidad de vida a sus familias.

#### **1.4.5. Valor teórico**

Una vez validado los resultados y demostrando confiabilidad de ello, nuestra investigación permitirá ser como base o guía de estudios de investigación familiarizados a nuestro tema en un futuro.

#### **1.4.6. Utilidad metodológica**

Lo que queremos darles a conocer a través de nuestra investigación es que, mediante varios estudios, análisis de las muestras sí se puede lograr una mejor recuperación del plomo, asimismo queremos demostrar que mediante la dosificación del sulfuro de sodio se puede aumentar la recuperación del plomo.

### **1.5. Delimitación de la investigación**

#### **1.5.1. Delimitación espacial**

Para el desarrollo de nuestro proyecto de tesis utilizamos información de la planta de beneficio Santa Ana, Nazca, la cual se dedica a flotar minerales para la comercialización, ubicada en la provincia de Nazca, departamento de Ica.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

En el presente trabajo, las pruebas metalúrgicas se llevaron a cabo en el laboratorio metalúrgico de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco; pero los resultados de las pruebas experimentales fueron llevados a cabo en el laboratorio ACTLABS SKYLINE PERU SAC-Arequipa.

### **1.5.3. Viabilidad de estudio**

El proyecto si es viable considerando nuestras variables, gracias a ello se llega a conseguir incrementar la recuperación del oxido de plomo mediante estudio y análisis de datos.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes empíricos de la investigación (estado de arte)

Este proceso de flotación de minerales separa las especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire utilizando reactivos químicos en celdas de flotaciones, los minerales valiosos se adhieren a las burbujas de aire y flotan hacia la superficie, mientras que los minerales de ganga se quedan en el fondo. luego, se recogen los minerales flotados en la espuma y se separan del agua. Este proceso es considerablemente usado en la industria de la minería para obtener concentrados de minerales.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según el Dr. Horn F. (2016). En su artículo de investigación sobre “*Alternativas de Aumento de Eficiencia en las Operaciones Mineras en la Empresa FOSFOQUIM en la planta Talcahuano- Chile*”. En ese entonces la industria minera fue golpeada fuertemente por lo que implemento la Sulfidización en la flotación de plomo para aumentar la recuperación en los relaves y luego se implementó en la dosificación en el proceso, también se buscaba la reducción de costos buscando nuevas alternativas para mejorar la productividad, es ahí que promueven el proceso de sulfurización para aumentar la recuperación del plomo utilizando el Sulfhidrato de Sodio (NaSH) ya que la gran ventaja de utilizarla es que en yacimientos con minerales mixtos, oxidados o minerales alterados era posible recuperar una fracción normalmente perdida a pesar de que el mineral ya había pasado por la planta de flotación. Llevando a cabo una dosificación en un rango de 40 a 100gr. De reactivo por tonelada de mineral procesado, este agente sulfidizante que utilizan cubre la superficie de los minerales oxidados, creando una capa de sulfuro que permite la adsorción del colector de sulfuro, logrando una mejor recuperación. Se concluye que con la nueva alternativa

se dará mayores recuperaciones de minerales, el plomo llegó a aumentar de 1% y 5% sin la necesidad de grandes inversiones, tan sólo el costo del reactivo y dosificando en los puntos correctos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica-UNMSM (2002), artículo sobre “*Flotación de Minerales Oxidados de Plomo*”

realizado en Calle Santa Susana, 3ra etapa, Lima. Este artículo buscó la mejora de recuperación del mineral oxidado de plomo. Recordemos que los principales minerales oxidados de plomo son: Cerusita y Anglesita, naturalmente por su cristalografía y mojabilidad no deberían ser flotables, es por eso que en la investigación estudia las propiedades como: solubilidad, físico-química de su superficie, termodinámica, contenido de finos y otros. Después del estudio se llega a la conclusión de que la anglesita es menos flotable que la cerusita, la flotación de óxidos mejora cuando se sulfurizan previamente antes de ponerle el colector tipo xantato, logrando mejores resultados y económicos a pesar de la complejidad del mineral.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Vera A. (2019) Realizó la investigación: “*Evaluación del efecto de nuevos reactivos colectores y depresores para mejorar la recuperación del proceso de flotación en los circuitos de plomo y zinc de la planta concentradora Antonio Raymondí*”. En este trabajo se resalta la importancia de la granulometría ya que juega un papel muy importante en los parámetros de la etapa de flotación, para lo cual el autor sugiere que se tenga entre un 70%-200 de malla, para favorecer la conversión de los minerales y así obtener una mejoría en el rendimiento de la cinética

de flotación, teniendo en cuenta el efecto de los reactivos, colectores y depresores sobre dicho proceso, ubicado en la planta concentradora Antonio Raymondi ubicado en Cuzco. En la etapa experimental se realizó varias pruebas con depresores con el fin de evaluar el comportamiento de éstos, llegando a la conclusión que el Cianuro de Sodio es el adecuado en la dosificación de 200 gr/ton y 45 gr/ton ya que estos ayudan a deprimir mejor el Hierro y el Zinc sin afectar al Plomo y la Plata.

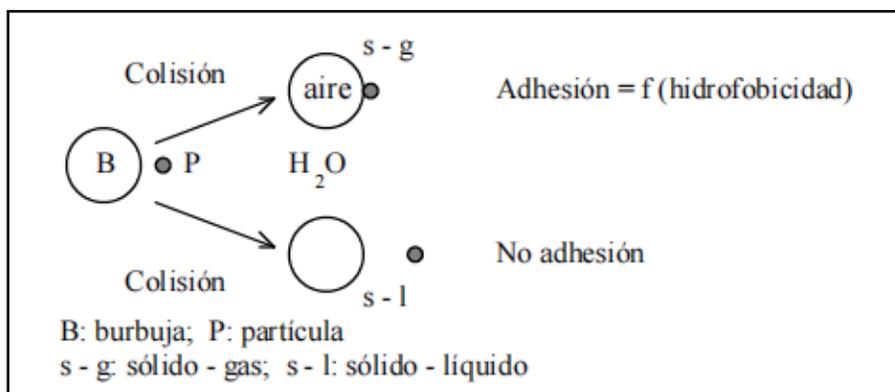
Pacco E, Villalobos R. (2009) Realizaron la investigación tecnológica: “***Recuperación de los minerales sulfurados de Galena Argentífera del Yacimiento Proyecto Soldado, distrito Huanquite -Paruro***”. En dicho trabajo se buscaba la recuperación de galena argentífera con una ley de 6.59% de Pb y 1.58 oz/tc de Ag. El proceso que realizaron fue flotación por espumas para seleccionar los sulfuros y después de sulfidizar con Na<sub>2</sub>S llevarlo a flotar el óxido, para conseguir un buen porcentaje de galena argentífera, pasó a molienda por 13 minutos. El consumo de Na<sub>2</sub>S en el circuito de flotación de óxidos fue de 2000gr/TM con pH aproximado de 7.5 a 8.5 dando un concentrado Pb -Ag con ley de 24.59 a 51.53% de Pb y 3.27 a 6.01oz/tc de Ag con recuperaciones del 75.2 a 78.1% para Pb y del 42,95 a 64.43% para la Ag. Con los resultados se aplica el diseño factorial 2k para altas recuperaciones utilizando el Xantato (Z- 11) y pH. Realizaron 8 pruebas para después aplicar la cinética de flotación tomando en cuenta un tiempo de 8 minutos logrando una recuperación de 40.30% de Pb.

## **2.2. Bases Teórica**

### **2.2.1. Flotación De Minerales**

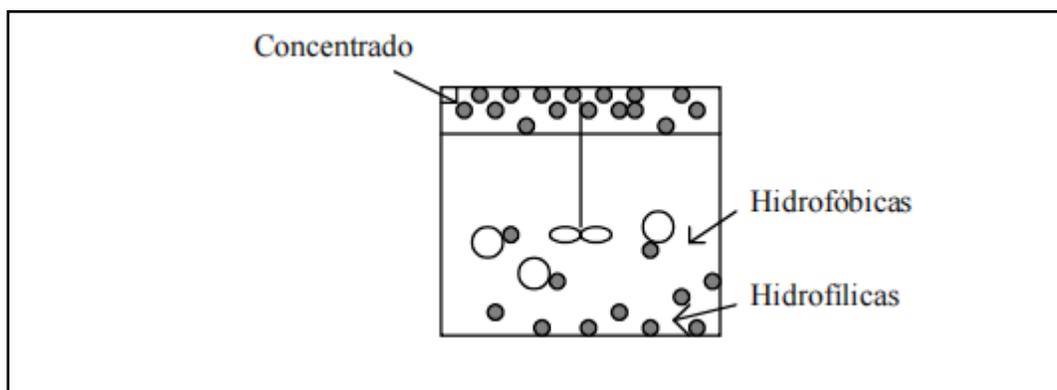
La flotación es un proceso fisicoquímico, cuyo objetivo es la separación de especies minerales, a través del uso de la adhesión selectiva de burbujas de aire a partículas minerales. (Castro, 2003)

Figura 1: Esquema adhesión selectiva.



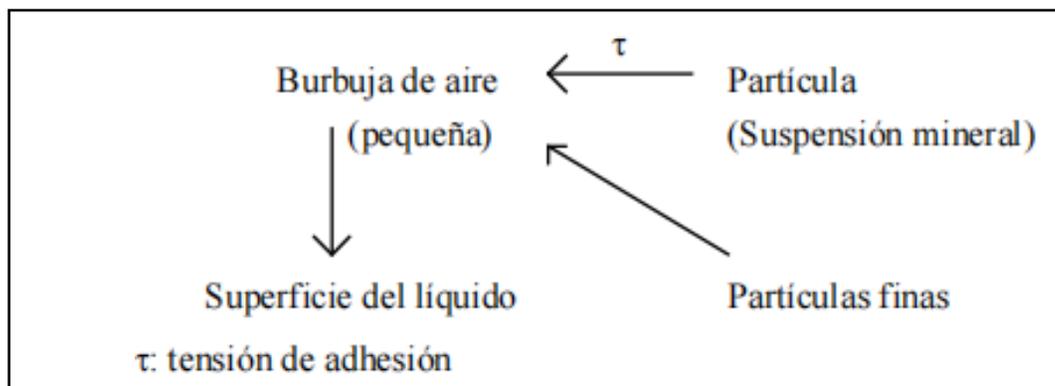
Fuente: (Castro, 2003)

Figura 2: Esquema de celda de flotación.



Fuente: (Castro, 2003)

Figura 3: Esquema básico del proceso de flotación.



Fuente: (Castro, 2003)

Los principios básicos, en que se basa el proceso de flotación son:

1. Mineral hidrofóbico, repele y desplaza agua de la superficie de sus partículas. Esto permite la acción de las burbujas de aire que se unen a la partícula.

2. Las burbujas de aire pueden mantener las partículas en la superficie, si se forma una espuma estable. (Castro, 2003)

Para cumplir esos principios básicos, se usan reactivos químicos. Estos agentes de flotación son los llamados colectores, activadores, depresores y modificadores. Sus acciones principales son:

1. Hacen la superficie del mineral repelente al agua (flotado).
2. Previene o evitan que otros minerales se hagan repelentes al agua.
3. Forman una espuma razonablemente estable.

Sólo las partículas minerales hidrofóbicas se adhieren a las burbujas, en tanto que las hidrofílicas no se adhieren (ganga).

Existen especies con hidrofobicidad nativa, inherente o natural. Por ejemplo, talco, azufre, grafito, molibdenita.

El resto de las especies son hidrofílicas, por lo que no son seleccionables mediante una corriente de burbujas. (Castro, 2003)

### **2.2.2. Hidrofobización Inducida:**

La acción de los reactivos colectores, modifica las propiedades superficiales.

Se genera una transición selectiva, inducida por colectores.

Hidrofílica ----- Hidrofóbica

Es posible flotar minerales muy variados, incluso sales.

Si se dispone de los reactivos químicos adecuados, se puede separar casi todas las especies minerales.

### **2.2.3. Estudio de la afinidad de fases.**

Superficie hidrófoba es afín con una fase gaseosa (burbuja).

Superficie hidrofílica no es afín con una fase gaseosa (burbuja). (Castro, 2003)

### **2.3. Físicoquímica de Superficies.**

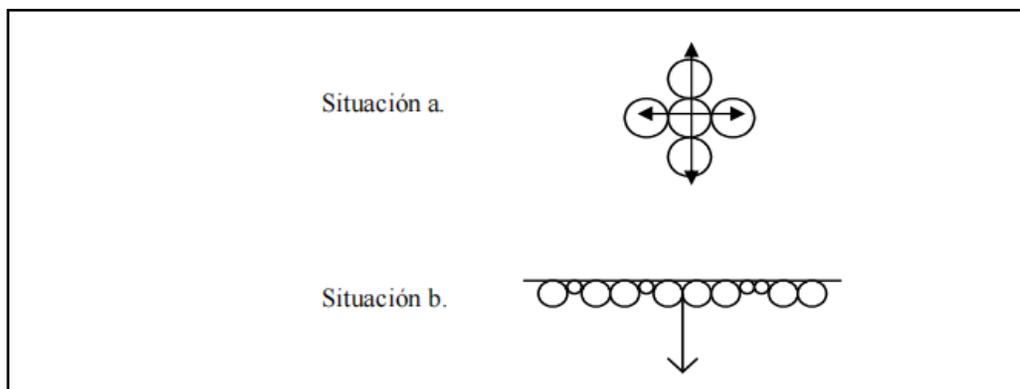
Los minerales oxidados de plomo son más difíciles de flotar que los sulfuros, tienen dificultad porque los carbonatos, sulfatos y silicatos tienden a hidratarse debido a que las moléculas de agua con sus sitios polares interactúan en sus superficies durante su fractura formando grupos hidroxilo que significa tener un átomo de hidrógeno y uno de oxígeno convirtiendo su superficie

mucho más hidrofílica (adsorbe el agua con facilidad) y muy distinta a la superficie de los sulfuros. (NUÑEZ, 2023)

### 2.3.1. Tensión Superficial.

La propiedad que regula la adhesión entre la partícula y la burbuja es la energía libre superficial. La adhesión se da en el agua, donde las partículas forman una pulpa mineral y se generan burbujas de aire. En este proceso, se forma un sistema trifásico: sólido (mineral), líquido (agua) y gas (aire). Si se considera un sistema de dos fases, se crea una interfaz (un plano que separa físicamente las fases), que puede ser entre líquido y gas, sólido y líquido, sólido y gas, o líquido y líquido.

Figura 4: Tensión superficial



Fuente: (Castro, 2003)

La tensión superficial es una fuerza perpendicular a esta interfaz, dirigida hacia el interior de la fase, y surge por el desajuste de fuerzas cuando una molécula interactúa con sus moléculas vecinas.

### 2.3.2. Adhesión partícula - burbuja.

$$G_S = \gamma = \left( \frac{dG}{dA} \right)_{T,P,n}$$

n = Número de moles presente en el sistema

A = Área interfacial

P = Presión

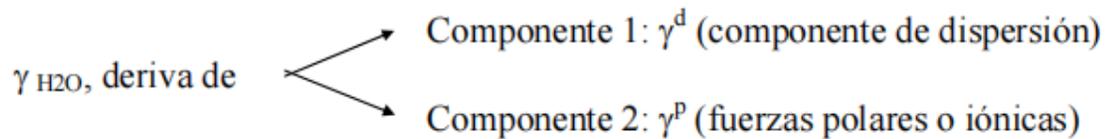
T = Temperatura

$G_S$  = Energía Libre

$\gamma$  = Tensión Superficial

En aquellos líquidos que tienen más de una fuerza entre moléculas, como en el

caso del agua, existen dos componentes:



### 2.4. Termodinámica de flotación de minerales.

La flotación de minerales se basa en el contacto íntimo entre tres fases, una sólida, una líquida y una gaseosa. Las dos últimas están representadas casi siempre por el agua y aire respectivamente. El sólido está constituido por minerales, sin embargo, existen experiencias recientes en las que se han utilizado  $SO_2$ , o inclusive esferas de poliestireno, como medios para el transporte de las partículas de mineral que se desea separar, en el remplazo del aire. (CASTELO, 2008)

La Termodinámica en el Procesamiento de Minerales, el método de concentración por flotación de espumas es la técnica de separación de minerales valiosos de los no valiosos y representa una de las aplicaciones más desafiantes de la química de superficies. El proceso de flotación está controlado por la termodinámica, la cinética y la hidrodinámica del sistema. Es así como incluyen aspectos fundamentales, tales como:

La creación de una superficie hidrofóbica en una especie mineral en particular (condición termodinámica).

Previsión de tiempo suficiente para la adhesión de la partícula hidrofóbica con la burbuja de aire (condición cinética).

La estabilización de los agregados partícula-burbuja bajo el flujo de pulpa prevaleciente (condición hidrodinámica). (Sutulov, 1963)

Durante la flotación existe un sistema relativamente inestable de dos grupos, es decir burbujas separadas y partículas de mineral, se convierten en un sistema relativamente estable; en este caso un grupo mineral - burbuja. la probabilidad de que ocurriera o no este proceso, se puede estimar mediante el uso de la segunda ley de la termodinámica.

De acuerdo a la segunda ley, cualquier proceso o reacción, puede ocurrir espontáneamente, solo en la dirección que corresponda a la reducción en energía libre del sistema dado. Bajo estas condiciones el sistema alcanza estabilidad máxima cuando la energía libre es mínima. Por energía libre nos estamos refiriéndonos a aquella parte de la energía interna, que puede convertirse en trabajo y temperatura; permaneciendo constante el volumen del sistema. Por lo tanto, en el uso del método termodinámico, se debe tener en cuenta la energía libre antes y después del proceso. (Astucuri, 1999)

Considerando la probabilidad de formación de grupo burbuja - mineral, las energías libres que debemos considerar son aquellas de las interfases:

- Solido-gas (s-g)
- Solido-liquido (s-l)
- Liquido-gas (l-g)

La cantidad de energía libre, se determina mediante la suma de las energías libres sobre las áreas de las correspondientes interfaces.

La reserva de energía libre ( $G_1$ ) en el sistema, antes de la adherencia o unión, está dada por:

$$G_1 = A_{lg}\gamma_{lg} + A_{sl}\gamma_{sl} \quad (1)$$

Aplicación:

La ecuación mencionada de la energía libre de superficie antes de la adhesión o unión entre una partícula sólida y una burbuja de aire en un sistema de flotación. A continuación, la aplicación de esta ecuación en el contexto de la flotación de óxidos de plomo:

Ecuación de energía libre de superficie:

La energía libre de superficie antes de la adhesión o unión se puede calcular utilizando la ecuación:

$$G_1 = A_{lg}\gamma_{lg} + A_{sl}\gamma_{sl}$$

Donde:

-  $A_{lg}$  es el área de la interfase líquido-gas

-  $\gamma_{lg}$  es la tensión superficial del líquido-gas

-  $A_{sl}$  es el área de la interfase sólido-líquido

-  $\gamma_{sl}$  es la tensión interfacial sólido-líquido

Aplicación en la flotación de óxidos de plomo:

En el contexto de la flotación de óxidos de plomo, la ecuación de energía libre de superficie se puede utilizar para evaluar la energía libre asociada con la interfase entre la partícula de óxido de plomo y la burbuja de aire.

Cálculo:

Supongamos que queremos calcular la energía libre de superficie antes de la adhesión o unión entre una partícula de óxido de plomo y una burbuja de aire. Los valores de área y tensión superficial son:

$A_{lg} = 0,01 \text{ m}^2$  (área de la interfase líquido-gas)

$\gamma_{lg} = 72 \text{ mN/m}$  (tensión superficial del agua)

$A_{sl} = 0,005 \text{ m}^2$  (área de la interfase sólido-líquido)

$\gamma_{sl} = 50 \text{ mN/m}$  (tensión interfacial sólido-líquido)

La energía libre de superficie sería:

$$G_1 = A_{lg} \gamma_{lg} + A_{sl} \gamma_{sl}$$

$$= 0,01 \text{ m}^2 \times 72 \text{ mN/m} + 0,005 \text{ m}^2 \times 50 \text{ mN/m}$$

$$= 0,72 \text{ mJ} + 0,25 \text{ mJ}$$

$$= 0,97 \text{ mJ}$$

Importancia en la flotación:

La energía libre de superficie es importante en la flotación porque determina la energía asociada con la interfase entre la partícula sólida y la burbuja de aire. Un valor más bajo de energía libre de superficie puede indicar una mayor probabilidad de adhesión o unión entre la partícula y la burbuja de aire.

Limitaciones:

Es importante tener en cuenta que la ecuación de energía libre de superficie es una simplificación y no tiene en cuenta otros factores que pueden influir en la flotación, como la química de superficie, la rugosidad de la partícula y la presencia de reactivos.

Si queremos apreciar la eficiencia del proceso de flotación es necesario determinar su velocidad y selectividad con que flotan las partículas minerales o sea es la recuperación de especies minerales en la espuma en relación con el tiempo. (Serrano, 1995)

Aplicaciones ecuación de Young de la flotación óxido de plomo:

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_l g \cos\theta$$

La ecuación de Young es fundamental en la flotación de óxidos de plomo, ya que permite entender la relación entre las energías superficiales y el ángulo de contacto. A continuación, aplicaremos la ecuación de Young en la flotación de óxidos de plomo:

Aplicaciones

1. Predicción del ángulo de contacto: La ecuación de Young se puede utilizar para predecir el ángulo de contacto entre el óxido de plomo y la burbuja de aire en función de las energías superficiales.

2. Evaluación de la hidrofobicidad: La ecuación de Young se puede utilizar para evaluar la hidrofobicidad de la superficie del óxido de plomo, lo que es importante para determinar su flotabilidad.

3. Optimización de la flotación: La ecuación de Young se puede utilizar para optimizar las condiciones de flotación, como la dosificación de reactivos y la velocidad de agitación, para mejorar la recuperación de óxido de plomo.

4. Selección de reactivos: La ecuación de Young se puede utilizar para seleccionar reactivos que modifiquen la energía superficial del óxido de plomo y mejoren su flotabilidad.

Se tiene un sistema de flotación de óxido de plomo con las siguientes energías superficiales:

$$\gamma_{sg} = 50 \text{ mN/m (energía superficial de la interfase sólido-gas)}$$

$$\gamma_{sl} = 30 \text{ mN/m (energía superficial de la interfase sólido-líquido)}$$

$$\gamma_{lg} = 72 \text{ mN/m (energía superficial de la interfase líquido-gas)}$$

Utilizando la ecuación de Young, podemos calcular el ángulo de contacto:

$$\cos\theta = (\gamma_{sg} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lg}$$

$$\cos\theta = (50 - 30) / 72$$

$$\cos\theta = 0,278$$

$$\theta = \arccos (0,278)$$

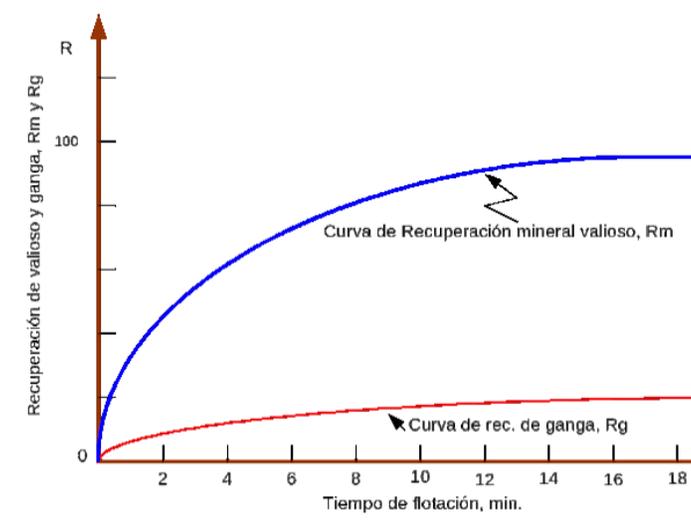
$$\theta = 73,8^\circ$$

Un ángulo de contacto de  $73,8^\circ$  indica que la superficie del óxido de plomo es moderadamente hidrófila.

Importancia en la flotación de óxidos de plomo:

La ecuación de Young es importante en la flotación de óxidos de plomo porque permite entender la relación entre las energías superficiales y el ángulo de contacto, lo que es fundamental para optimizar las condiciones de flotación y mejorar la recuperación de óxido de plomo.

Figura 5. Termodinámica de flotación de minerales.



Fuente: (Gulderg, 2024)

#### 2.4.1. Ángulo de contacto y ecuación de Young.

Las mediciones de ángulos de contacto es un método fiable para caracterizar la interacción entre un líquido y una superficie. Cuando la gota de agua no penetra en el sustrato, la interacción

puede ser caracterizada por un ángulo de contacto si la superficie es suave y homogénea. Cuando el líquido penetra o se expande en el sustrato la interacción puede ser caracterizada por el ángulo de contacto dinámico como función del tiempo. (Diaz, 2011)

En la ecuación de Young, el ángulo de contacto ( $\theta$ ) es una medida de la mojabilidad de una superficie sólida por un líquido. Un mayor ángulo de contacto indica que la superficie sólida es menos mojabla por el líquido.

#### Significado de un mayor ángulo de contacto

Un mayor ángulo de contacto ( $\theta > 90^\circ$ ) indica que:

1. La superficie es hidrófoba: La superficie sólida repele el agua y es más afín a los gases o a los líquidos no polares.

2. Menor mojabilidad: La superficie sólida es menos mojabla por el líquido, lo que puede afectar la adhesión o unión entre la partícula sólida y la burbuja de aire.

#### Efecto en la flotación de óxido de plomo

En la flotación de óxido de plomo, un mayor ángulo de contacto puede:

1. Mejorar la flotabilidad: Un mayor ángulo de contacto puede mejorar la flotabilidad del óxido de plomo, ya que la partícula sólida es más propensa a adherirse a la burbuja de aire.

2. Aumentar la recuperación: Un mayor ángulo de contacto puede aumentar la recuperación de óxido de plomo en la flotación, ya que las partículas sólidas son más propensas a ser transportadas a la superficie.

#### Condiciones para un mayor ángulo de contacto

Un mayor ángulo de contacto se puede lograr mediante:

1. Modificación de la superficie: La modificación de la superficie del óxido de plomo con reactivos o sulfurizantes puede aumentar el ángulo de contacto.

2. Cambio en la química de superficie: Un cambio en la química de superficie del óxido de plomo puede afectar el ángulo de contacto y la flotabilidad.

En resumen, un mayor ángulo de contacto en la ecuación de Young indica que la superficie sólida es menos mojable por el líquido, lo que puede mejorar la flotabilidad y la recuperación de óxido de plomo en la flotación. (Diaz, 2011)

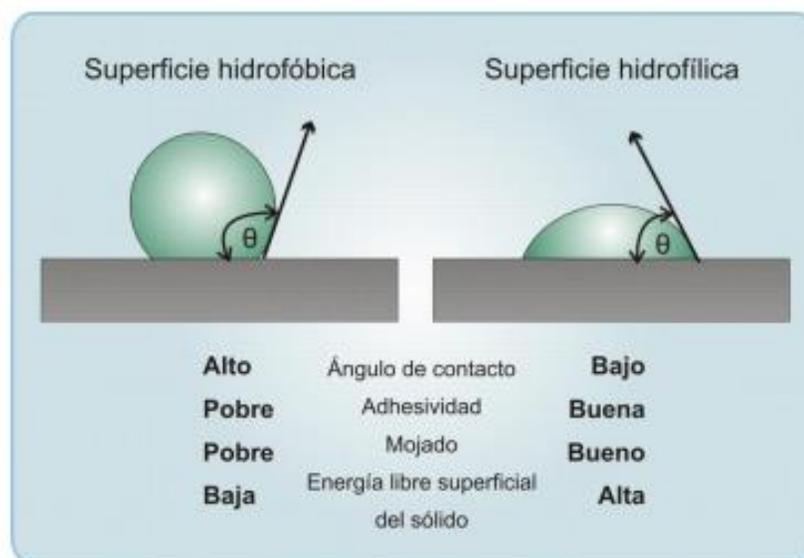
Figura 6. Esquema representando el ángulo formado entre el interfaz sólido/líquido y el interfaz líquido/vapor y el vértice en el que las tres interfaces se encuentran constituye el ángulo de contacto.



Fuente: (Diaz, 2011)

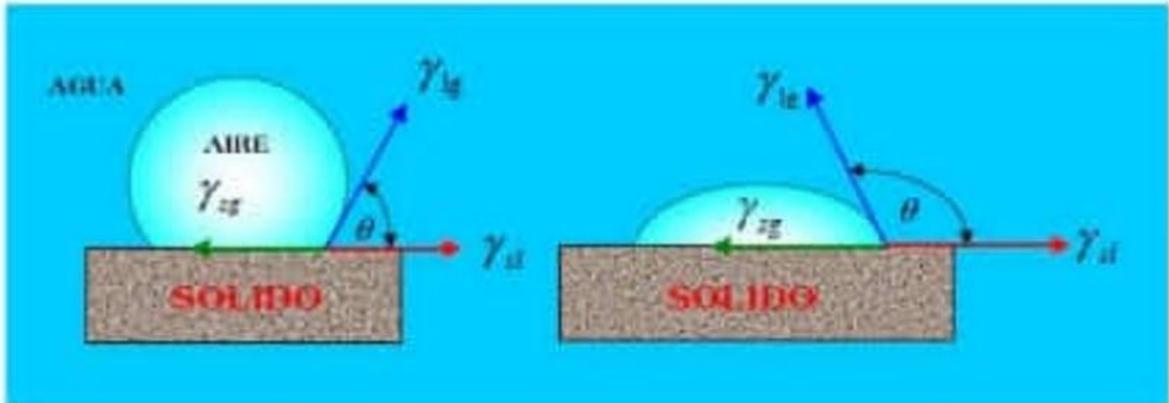
Una superficie en la cual la gota forma un ángulo de contacto mayor que  $90^\circ$ , es una superficie hidrofóbica. Esta condición implica que la mojabilidad, adhesividad y la energía superficial del sólido son bajas. En cambio, si la superficie es hidrofílica, se observará un ángulo de contacto menor a  $90^\circ$  y tanto la mojabilidad, adhesividad como la energía superficial del sólido serán altas (Figura 7). (Diaz, 2011)

Figura 7. Esquema representando los ángulos de contacto de una superficie hidrofóbica e hidrofílica y las distintas propiedades de los mismos.



Fuente: (Diaz, 2011)

Figura 8. Sistema Sólido, líquido y gas



Nota: Adaptado de Mineralurgia II (p.22), por Castro, (2003)

De la figura se tiene:

$$\sum F = 0 \rightarrow \text{equilibrio}$$

$$\gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos \theta - \gamma_{SG} = 0$$

La tensión superficial ( $\gamma$ ) y la energía libre superficial ( $G_S$ ) se definen en la ecuación siguiente:

$$G_S = \gamma = \frac{\partial G}{\partial A_{T,P,n}}$$

Donde:

A= Área interfacial

n= Número de moles presente en el sistema

P= Presión

T= Temperatura

$G_S$ = Energía Libre

$\gamma$ = Tensión Superficial

La tensión superficial es una medida del trabajo para incrementar la superficie en  $1\text{cm}^2$  a T, P y n constantes. La figura 19 nos muestra las diferentes interfases y energías libres que participan durante la adhesión partícula-burbuja en la flotación de minerales.

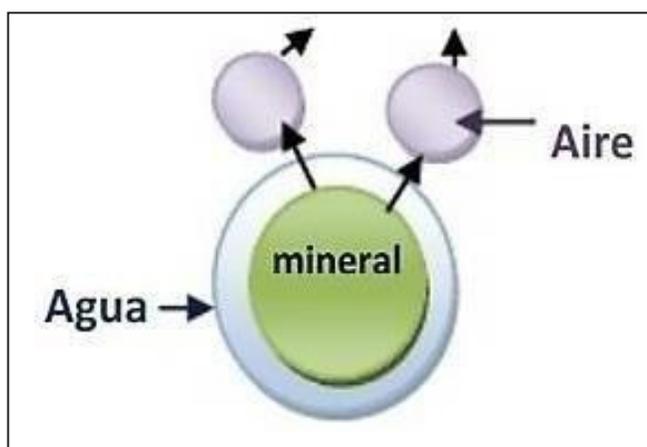
#### 2.4.2. Mecanismo de la mineralización de las burbujas de aire.

La adherencia de las partículas minerales a las burbujas de aire es la base del proceso de flotación de espumas. Esta adhesión es producida mediante dos actos: Primero, las partículas se ponen en contacto con las burbujas de aire que ya se encuentran formadas en la pulpa, también la función de esta burbuja será adherir el mineral. (Bravo, 2015).

#### 2.4.3. Comportamiento hidrofóbico e hidrofílico

También conocido como comportamiento aerofóbico o de afinidad, gracias a esta propiedad es que las partículas llegan a mojarse, permaneciendo suspendida en la pulpa para luego hundirse por la gravedad, en la figura 7 se aprecia el comportamiento hidrofílico (Castro, 2003).

Figura 9. Comportamiento hidrofílico



Fuente: (Bravo, 2015)

## **2.5. Teoría de flotación de óxidos.**

### **2.5.1. Teoría de acción de los colectores.**

La Teoría de unión de los colectores a la superficie mineral o de hidrofobización o del estado hidrofóbico, son distintos nombres para indicar la hidrofobicidad inducida por los colectores para que se produzca la transición hidrófilo a hidrófobo. Se ha desarrollado una teoría de flotación para óxidos y no metálicos, y una teoría de flotación de sulfuros. En la flotación de óxidos, se usan colectores catiónicos o aniónicos, y se dice que estos se adsorben sólo sobre la superficie con carga eléctrica de signo contrario (Castro, 2003).

### **2.5.2 Minerales de óxido de plomo**

Los principales minerales oxidados de plomo son: cerusita y anglesita, por sus propiedades en la flotación (mineralogía, complejidad de la mena en presencia de otras especies, cristalografía, físico-química de superficie, mojabilidad, adsorción, reactivos y reacciones químicas involucradas), la flotación de óxidos mejora cuando se sulfurizan, aunque el plomo tenga complejidad con la sulfurización se obtienen excelentes resultados (Azañero, 2015).

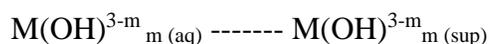
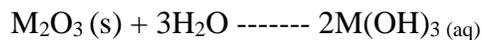
Los minerales oxidados de plomo económicamente importantes son: cerusita y anglesita, les presentamos sus propiedades:

Cerusita: P.E.=6.5; dureza= 3.35; color= blanco; composición química= dióxido de carbono 16,5%; óxido de plomo= 85,3%.

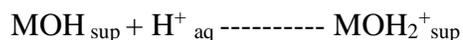
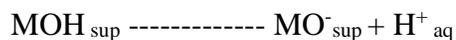
Anglesita: P.E.= 6,3-6,4; dureza= 2,7-3; color= blanco; composición química = trióxido de azufre: 26,4%; óxido de plomo: 73,6%.

### **2.5.3 La doble capa eléctrica en los óxidos minerales.**

Se postulan diferentes mecanismos para la carga de óxidos superficiales involucrando disolución parcial del óxido y formación de complejos hidroxilados en solución, seguida de adsorción de estos complejos. (Castro, 2003)



También pueden cargar la superficie de estos óxidos, las siguientes reacciones:



### 2.5.3. Adsorción sobre interfases cargadas.

Si el sistema no es eléctrico, la isoterma de adsorción es sólo función de la concentración. Cuando la interfase está cargada, la isoterma de adsorción debe mostrar la variación con la actividad y la carga superficial o potencial. El potencial electroquímico es idéntico cuando hay equilibrio en el estado adsorbido y en el bulk de la solución (Castro, 2003).

### 2.5.4. Proceso de Sulfidización

El proceso de Sulfidización consiste agregarle el agente sulfidizante denominado sulfhidrato de sodio, es de gran ayuda ya que hace que la recuperación sea mucho mayor en la flotación de relave que es la que buscamos. Este agente sulfidizante cubre la superficie de los minerales oxidados, de tal manera generando una capa de sulfuro que permita la absorción del colector de sulfuro. (Larraín, 2016)

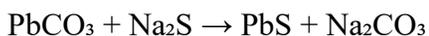
### 2.5.5. Flotación con Sulfidización

Cerusita y Anglesita

#### REACCIONES QUÍMICAS

- **Cerusita (PbCO<sub>3</sub>):**

La cerusita (PbCO<sub>3</sub>) es un mineral de plomo que puede ser sulfidizado para mejorar su flotabilidad. La ecuación de sulfidización de la cerusita es:



Donde:

- PbCO<sub>3</sub> es la cerusita (carbonato de plomo)
- Na<sub>2</sub>S es el sulfuro de sodio (reactivo sulfidizante)
- PbS es el sulfuro de plomo (galena)
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> es el carbonato de sodio

Mecanismo de sulfidización:

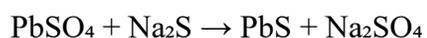
La sulfidización de la cerusita implica la reacción del mineral con el sulfuro de sodio, lo que resulta en la formación de una capa de sulfuro de plomo en la superficie del mineral. Esta capa de sulfuro de plomo es más hidrófoba que la cerusita original, lo que mejora la flotabilidad del mineral.

Importancia de la sulfidización:

La sulfidización es un paso importante en el procesamiento de minerales de plomo oxidados, como la cerusita, ya que permite mejorar su flotabilidad y recuperación en el proceso de flotación.

- **Anglesita (PbSO<sub>4</sub>):**

La anglesita (PbSO<sub>4</sub>) es un mineral de plomo que puede ser sulfidizado para mejorar su flotabilidad. La ecuación de sulfidización de la anglesita es:



Donde:

- PbSO<sub>4</sub> es la anglesita (sulfato de plomo)
- Na<sub>2</sub>S es el sulfuro de sodio (reactivo sulfidizante)
- PbS es el sulfuro de plomo (galena)
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es el sulfato de sodio

Mecanismo de sulfidización:

La sulfidización de la anglesita implica la reacción del mineral con el sulfuro de sodio, lo que resulta en la formación de una capa de sulfuro de plomo en la superficie del mineral. Esta capa de sulfuro de plomo es más hidrófoba que la anglesita original, lo que mejora la flotabilidad del mineral.

Importancia de la sulfidización:

La sulfidización es un paso importante en el procesamiento de minerales de plomo oxidados, como la anglesita, ya que permite mejorar su flotabilidad y recuperación en el proceso de flotación.

Estas son **reacciones superficiales**, no transforman todo el mineral, solo su capa externa.

Esta capa superficial de PbS hace que la partícula sea flotable. (Azañero, 2015)

### 2.5.6. Reactivos y reacciones químicas

Los reactivos que se usan generalmente para sulfidizar son:

- Sulfuro de Sodio ( $Na_2S$ ).
- Sulfuro Ácido de Sodio (NaHS).
- Sulfuro de Bario (BaS)

Pero el reactivo más utilizado es el sulfuro de sodio, justamente el que utilizaremos para nuestras pruebas, ésta con el agua se hidroliza porque ésta proviene de una base fuerte y ácido fuerte.

### 2.5.7. Cristalografía

La cristalografía de la cerusita ( $PbCO_3$ ) y la anglesita ( $PbSO_4$ ) puede influir en la flotación de estos minerales debido a la forma en que se estructuran sus cristales y la exposición de sus superficies. A continuación, te presento algunos aspectos de la cristalografía de la cerusita y la anglesita que pueden influir en la flotación:

Cerusita

1. Estructura cristalina: La cerusita tiene una estructura cristalina ortorrómbica, con una celosía cristalina que se compone de iones de plomo ( $Pb^{2+}$ ), carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) y oxígeno ( $O_2$ ).

2. Superficie cristalina: La superficie cristalina de la cerusita puede ser influenciada por la presencia de defectos cristalinos, como vacancias o impurezas.

3. Angulo de contacto: El ángulo de contacto entre la cerusita y el agua puede influir en la flotación del mineral.

#### Anglesita

1. Estructura cristalina: La anglesita tiene una estructura cristalina ortorrómbica, con una celosía cristalina que se compone de iones de plomo ( $Pb^{2+}$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) y oxígeno ( $O^{2-}$ ).

2. Superficie cristalina: La superficie cristalina de la anglesita puede ser influenciada por la presencia de defectos cristalinos, como vacancias o impurezas.

3. Angulo de contacto: El ángulo de contacto entre la anglesita y el agua puede influir en la flotación del mineral.

#### Influencia en la flotación

La cristalografía de la cerusita y la anglesita puede influir en la flotación de estos minerales de varias maneras:

1. Adsorción de colectores: La estructura cristalina y la superficie cristalina de la cerusita y la anglesita pueden influir en la adsorción de colectores y otros reactivos químicos.

2. Hidrofobicidad: El ángulo de contacto entre la cerusita y la anglesita y el agua puede influir en la hidrofobicidad del mineral, lo que puede afectar la flotación.

3. Estabilidad de la espuma: La cristalografía de la cerusita y la anglesita puede influir en la estabilidad de la espuma en la flotación, ya que la estructura cristalina y la superficie cristalina pueden afectar la adsorción de colectores y otros reactivos químicos.

En resumen, la cristalografía de la cerusita y la anglesita puede influir en la flotación de estos minerales a través de la adsorción de colectores, la hidrofobicidad y la estabilidad de la

espuma. La comprensión de la cristalografía de estos minerales puede ayudar a optimizar la flotación y mejorar la eficiencia del proceso (NUÑEZ, 2023)

## **CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES**

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

- El uso de sulfuro de sodio como agente sulfidizante permite recuperar de 40% a 70% en la flotación de óxido de plomo por Sulfidización de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.

#### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- La dosificación de Z-11 ideal influye considerablemente en la recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.
- Si dosificamos sulfuro de sodio favorece la recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.
- La adecuada granulometría posibilita una buena recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.

### **3.2. Variables e Indicadores**

#### **3.2.1. Identificación de variables**

##### **3.3.1.1. Variable Dependiente**

- Recuperación de óxidos de plomo.

##### **3.3.1.2. Variables Independientes**

- Dosificación de Z-11

- Dosificación de sulfuro de sodio.
- Granulometría del mineral.

### **3.2.2. Indicador dependiente**

- Porcentaje de recuperación (%R).

### **3.2.3. Indicadores independientes**

- Dosificación de Z-11(g/TM).
- Dosificación de sulfuro de sodio (g/TM).
- Granulometría del mineral ( $\mu\text{m}$ ).

### 3.4. Operacionalización De Variables E Indicadores

Tabla 1. Operacionalización De Variables

						Técnicas e Instrumentos
VARIABLE	VARIABLE NOMINAL	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	INDICADOR	RANGO	UNIDAD	deMedición
VARIABLE DEPENDIENTE	% Recuperación	Es la eficiencia con la que se extraen los minerales valiosos de un mineral o roca.	Recuperación	40-70	%R	Espectroscopio
VARIABLE INDEPENDIENTE	Dosificación de Z-11	Es la cantidad de colector para que nos ayuden en la flotación	Gramos Por tonelada	20-100	g/TM	Probeta
	Dosificación del sulfuro de sodio	La cantidad de sulfuro de sodio que se añade a la pulpa para mejorar las propiedades hidrofóbicas de los óxidos.	Gramos por tonelada	400-900	g/TM	Probeta
	Granulometría del mineral	Análisis granulométrico de tamaño de mineral.	Milímetros- Micrómetros	210-250	µm	Tamices

Fuente: Elaboración por los tesistas

## **CAPITULO IV: METODOLOGIA DE INVESTIGACION**

### **4.1. Tipo de investigación**

Se realizó una investigación de tipo tecnológico cuantitativo el cual nos facilitó desarrollar y medir datos cuantitativos para proporcionar, analizar, observación y análisis crítico.

### **4.2. Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación titulada. FLOTACIÓN DE OXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN DE LOS RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO SANTA ANA - NAZCA. Es de tipo Experimental – deductivo, porque se investigó el proceso de flotación de óxidos de plomo a partir de los relaves, estudiando el proceso de flotación por espuma y finalmente estudiar las importantes variables de verificación para su aplicación en la mejora requerida.

### **4.3. Metodología de la investigación**

Posteriormente el método de flotación por espuma de plomo necesito de 3 variables de proceso y logramos obtener un modelo cinético característico del proceso de la dosificación de Z-11, dosificación de sulfuro de sodio y la granulometría, se evaluó los mejores parámetros el cual nos ayudó a incrementar la recuperación.

Se analizo los resultados conseguidos aplicando información bibliográfica de los modelos cinéticos, y así lograr realizar un modelo empírico, que nos favoreció definir el proceso, en función de las variables señaladas anteriormente.

#### **4.4. Población de estudio**

##### **4.4.1. Población**

La población de estudio son los relaves de la flotación de plomo en la planta de beneficio Santa Ana - Nazca.

##### **4.5. Muestra**

La muestra recolectada de 50 kg de relaves de la flotación de plomo en la planta de beneficio Santa Ana - Nazca, el cual es trasladada al laboratorio de Ingeniería Metalúrgica para realizar las pruebas experimentales convenientes para lograr un óptimo resultado.

##### **4.6. Técnicas de recolección de datos**

En el desarrollo de esta investigación se hace el empleo de: inspección visual, suministración de elementos para la respectiva flotación, dosificación de los reactivos químicos, como colectores y espumantes para que la recuperación sea óptima, análisis de las pruebas metalúrgicas de las muestras obtenidas de plomo, visualizar el color que desprende, la reacción, el pH correcto para mantener la espuma en su punto para una perfecta recuperación y la cantidad de recuperación de óxido de plomo de la flotación.

Los instrumentos a utilizar para la medición, dosificación y control: las celdas de flotación, balanza, papel panpeha, cronómetro.

##### **4.7. Procesamiento y análisis de datos**

Para el estudio de datos, se desarrolló la investigación de acuerdo a las siguientes etapas:

- Se resumen la información teórica.

- La realización teórica de diseños factoriales.
- Preparación de muestra compósito.
- Pruebas de flotación de los relaves a nivel de laboratorio.
- Pruebas de optimización de Recuperación de la anglesita y cerusita a nivel de laboratorio.
- Análisis de resultados de las pruebas de flotación a nivel de laboratorio.
- Optimización teórica y experimental de resultados.

Aplicaremos el software MINITAB para la estimación y decisión de las variables predominantes en la flotación por espuma en el análisis factorial  $2^3$  por el cual se realizaron 8 pruebas y adicional 3 intermedios, por el cual se experimentó con el máximo y mínimo de dosificación de Z-11, granulometría del mineral y dosificación de sulfuro de sodio.

#### **4.8. Validez y confiabilidad de instrumentos**

**Validez:** Los instrumentos utilizados en el trabajo de investigación nos proporcionó resultados verídicos con respecto a la dosificación de reactivos químicos, colectores y espumantes para la sulfidización y para una buena recuperación del plomo de los relaves por flotación.

**Confiabilidad:** Realizando el proceso de flotación por sulfidización se obtienen resultados distintos de acuerdo a las dosificaciones que están sometidas las muestras, esto nos ayudó a ver las diferencias de los suministros de elementos para la flotación por sulfidización.

#### **4.9. Plan de análisis de datos**

Para realizar el análisis de datos se utilizó un cuadro de resultados para comparar la recuperación del plomo en distintas dosificaciones y con cantidades diferentes de elementos

(reactivos, colectores, espumantes y sulfato de sodio), por la cual la cantidad correcta de dosificación de los reactivos de éstos para una buena recuperación de óxido de plomo de relave y dar verdad a nuestra hipótesis.

## **CAPITULO V: RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Es importante destacar que las condiciones operativas y los reactivos utilizados pueden variar dependiendo de la composición del mineral.

La presente tesis resume mediante las diferentes pruebas de flotación a minerales oxidados de plomo que son proveniente de la comunidad de Chumbivilcas y son procesadas en la planta de beneficio de Santa Ana, para lo cuales se realizara el análisis para obtener parámetros que ayuden a llegar a recuperaciones optimas y que sean económicamente rentables.

El objetivo de la presente investigación tecnológica son evaluar la dosificación de sulfuro de sodio, dosificación de Z-11 y granulometría; por que desea optimizar la recuperación de plomo.

### **5.1. Muestreo**

El mineral de plomo es proveniente de la mina Patamina, comunidad de Cancahuani, distrito de Capacmarca, provincia de Chumbivilcas, dicho mineral es procesado en la planta de Beneficio Santa Ana, luego se realizó el muestreo sistemático cada hora en el circuito de flotación en la planta Santa Ana, durante 24 horas con un recipiente, hasta lograr obtener 50 kg. De muestra.

#### **5.1.1. herramientas y materiales**

- Bandeja
- Balde
- Cinta masking
- Marcador para muestras

### 5.1.2. Análisis de cabeza del mineral

Se mandó a analizar al laboratorio Actlabs-Arequipa una muestra (relave) representativa de la pulpa que lo tomamos como cabeza para nuestra investigación.

Tabla 2. Análisis de cabeza del mineral

<b>NOMBRE DE LA MUESTRA</b>	<b>PLOMO TOTAL (%)</b>	<b>PLOMO SULFURADO (%)</b>	<b>PLOMO OXIDADO (%)</b>
<b>CABEZA</b>	10.82	0.32	10.50

Fuente: Laboratorio Actlabs Skyline Perú S.A.C

## 5.2. Preparación de la muestra

La preparación de la muestra se realizó en tres etapas: el filtrado, el secado y el cuarteo

### 5.2.1. Filtrado

Como el material se muestreo en forma de pulpa, para lo cual el mineral es separando del líquido se realizó el filtrado de la pulpa, por lo que se hizo 6 filtrados de manera consecutiva hasta obtener una muestra húmeda mayor a 50kg.

### 5.2.2. Secado

Luego de ser filtrada la muestra se hizo el secado a la intemperie.

### 5.2.3. Homogenización y Cuarteo de las muestras

Al reducir el tamaño a 50kg. de la muestra total al 100% -M<sub>10</sub> tyler, luego fue homogenizado 20 veces por medio del paleo manual, por lo que se realizó cuarteos consecutivos, donde cada una de estas cuatro partes se tomó sólo las 2/4 partes opuestas y lo demás se guardó en

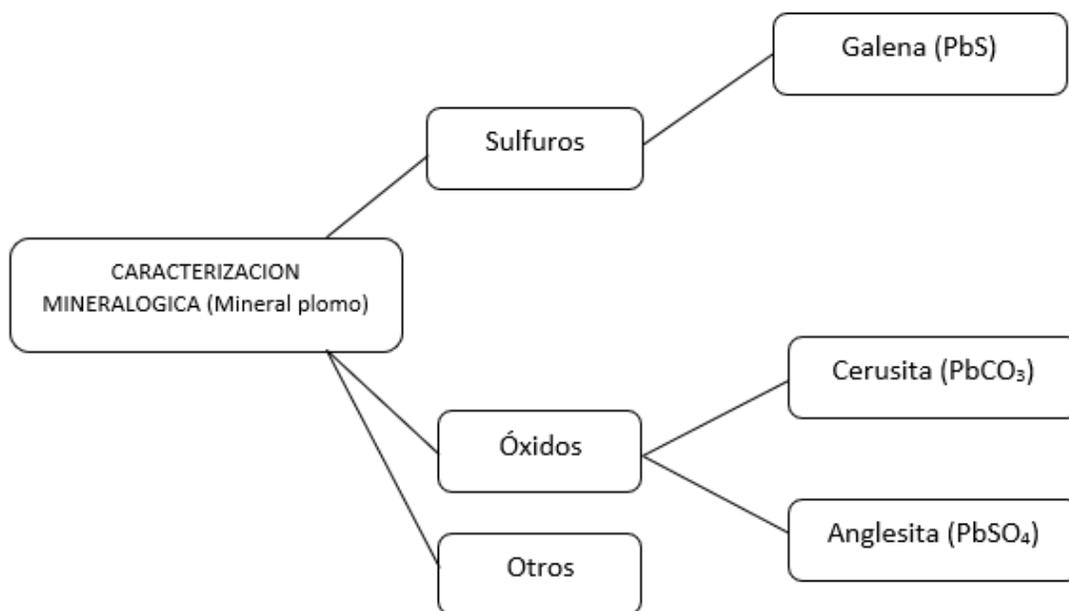
bolsa, de igual manera se procede con las 2/4 partes restantes y así sucesivamente hasta obtener una muestra representativa de 1000gr.

### 5.3. Caracterización mineralógica y minerografía

Se hizo la caracterización mineralógica para lo cual se determinó los elementos presentes en esta investigación.

El mineral de plomo está constituido por las siguientes especies:

Caracterización mineralógica



Para la caracterización mineralógica del plomo se utilizan técnicas como la difracción de rayos X, la microscopía óptica y la microscopía electrónica de barrido.

### 5.3.1. Granulometría

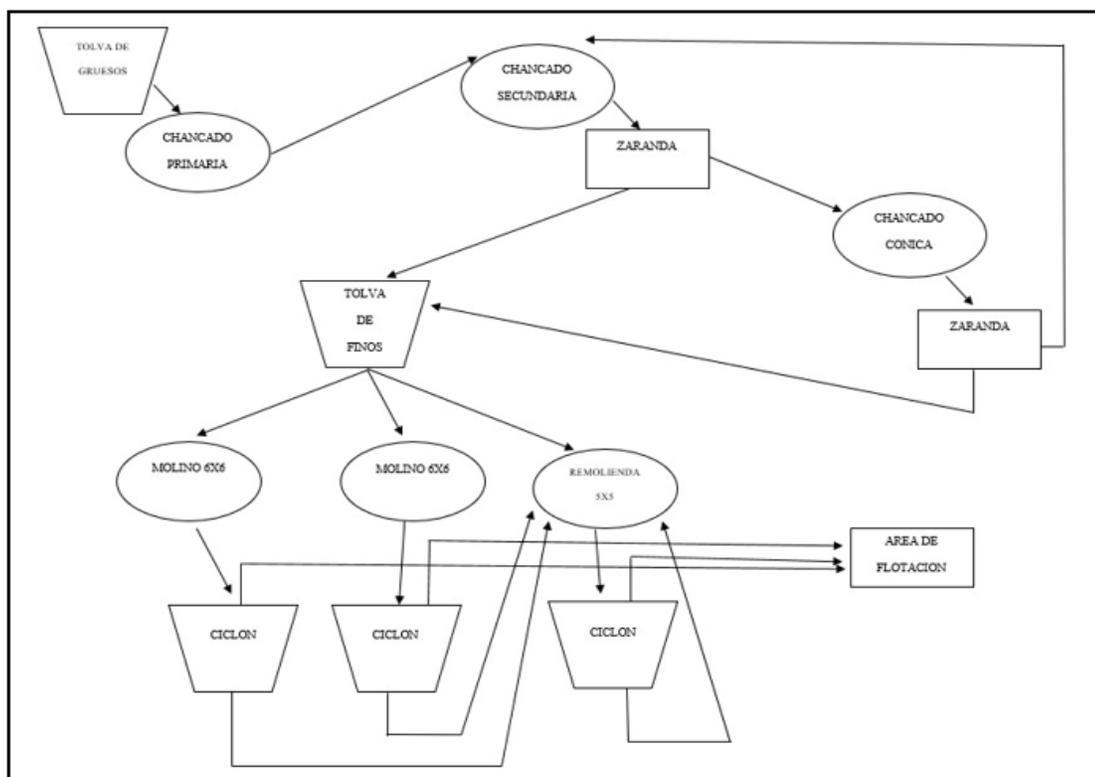
Tabla 3. Análisis de malla a lo natural

Malla	Peso (gr)	%
12	0	0
20	0	0
35	0	0
65	3,1	1.03
100	14,0	4.69
150	43,9	14.71
200	56,4	18.90
-200	181,0	60.65

Fuente: Elaboración por los tesisistas

### 5.3.1. Flowsheet del circuito de chancado y molienda de la planta de Santa Ana.

Figura 10. Área de chancado y molienda.



Fuente: Elaboración por los tesisistas

#### 5.4. Cálculo de la gravedad específica del mineral

Se determinó la gravedad específica del mineral por el método de la Fiola, este método se realiza de la siguiente manera:

- Primero pesamos una parte del mineral, después de homogenizar y cuartear la muestra, se sacó 50 gr de mineral para este cálculo.
- Luego pesamos la Fiola de 200 ml de volumen vacía.
- Después se agrega el mineral a la Fiola y se vuelve a pesar.
- Y por último agregamos agua a la Fiola con la muestra del mineral y se vuelve a pesar.
- Para determinar la gravedad específica realizamos tres pruebas, en el siguiente cuadro mostramos los resultados:

Tabla 4. Determinación del Peso Específico

<b>Muestra de estudio</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
<b>Peso de fiola (A)</b>	84.7	84.7	84.7
<b>Peso de la fiola + Mineral</b>	134.7	134.65	134.73
<b>(B)</b>			
<b>Peso de la fiola + mineral</b>	316.72	316.60	316.85
<b>+ agua (C)</b>			
<b>Volumen de fiola (V)</b>	200	200	200

Nota: Elaboración propia

La siguiente fórmula fue la que utilizamos para determinar la gravedad específica:

$$GE = \frac{B - A}{V - (C - B)}$$

Luego reemplazamos datos en la fórmula anterior:

$$GE1 = \frac{134.7 - 84.7}{200 - (316.72 - 134.7)} = 2.78$$

$$GE2 = \frac{134.65 - 84.7}{200 - (316.60 - 134.65)} = 2.76$$

$$GE3 = \frac{134.73 - 84.7}{200 - (316.85 - 134.73)} = 2.79$$

Con los resultados obtenidos sacamos un promedio de la gravedad específica:

$$E3 = \frac{GE1 + GE2 + GE3}{3} = \frac{2.78 + 2.76 + 2.79}{3} = 2.77 \frac{gr}{cm^3}$$

La gravedad específicas del mineral de plomo, se calcula entre la relación de la densidad del mineral con el agua, por lo que las rocas constan de varias fases distintas de mineral y no tienen una gravedad específica fija.

La gravedad específica de un mineral es la relación entre la densidad del mineral y la densidad del agua. En este caso, la gravedad específica es 2,77 g/cm<sup>3</sup> (no gr/litro, ya que la gravedad específica se mide en unidades de densidad).

Cálculo de la cantidad de sólido

Para determinar la cantidad de sólido que utilizó en una prueba de flotación a nivel de laboratorio, se sabía el volumen de la celda de flotación y la proporción de sólido que se desea utilizar.

Se realizó las pruebas de flotación con una proporción de sólido del 30% en peso (es decir, 30% de sólido y 70% de agua).

Fórmula para calcular la cantidad de sólido

Cantidad de sólido (g) = Volumen de la celda (L) x Densidad de la pulpa (g/L) x Proporción de sólido

Donde:

- Densidad de la pulpa = (Gravedad específica del mineral x Proporción de sólido) + (1 x Proporción de agua)

El volumen de la celda es de 1 litro y se desea una proporción de sólido del 30% para cada prueba a nivel de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica.

Densidad de la pulpa =  $(2,77 \times 0,3) + (1 \times 0,7) = 0,831 + 0,7 = 1,531 \text{ g/cm}^3$  o 1531 g/L

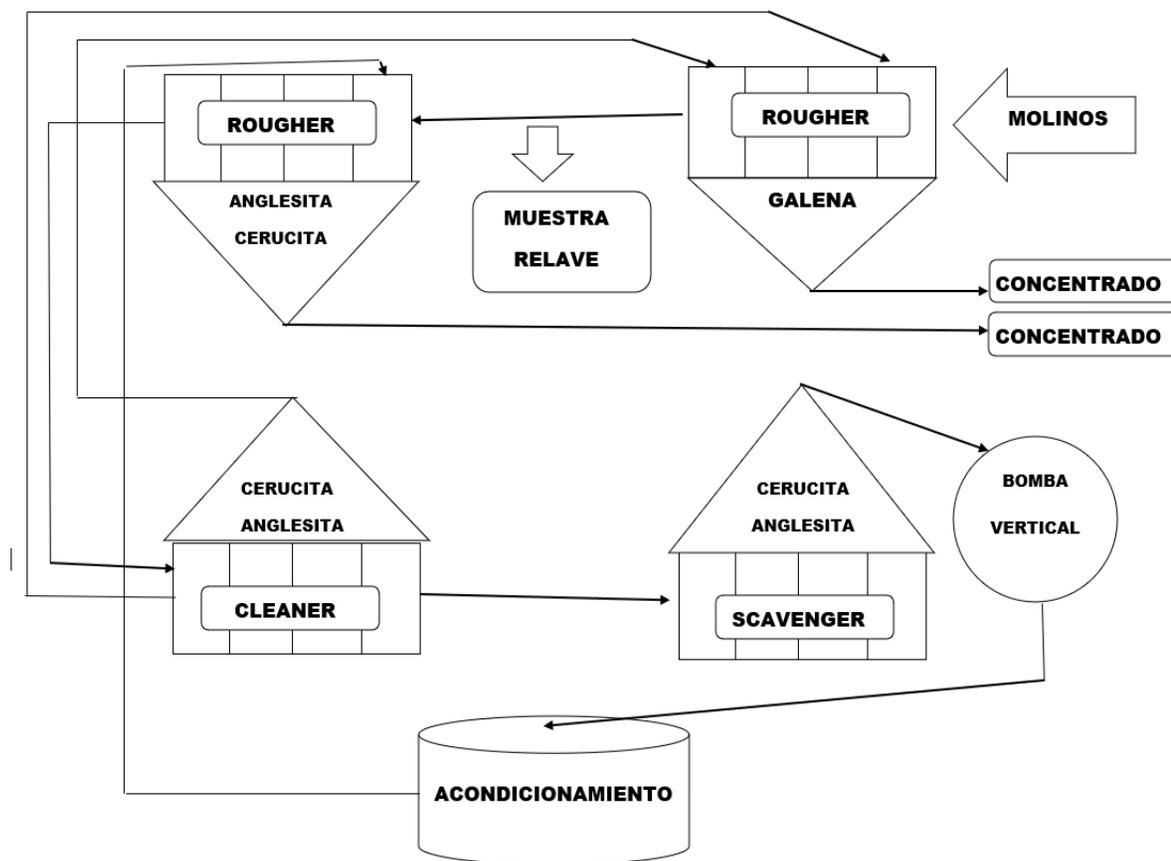
Cantidad de sólido (g) =  $1 \text{ L} \times 1531 \text{ g/L} \times 0,3 = 459,3 \text{ g}$

Resultado

Se utilizaron 459,3 gramos de sólido para una prueba de flotación en una celda de 1 litro con una proporción de sólido del 30%.

## 5.8. Flowsheet del área de flotación planta Santa Ana

Figura 11. Área flotación



Fuente: Elaboración de los tesisistas.

Como se puede observar en la figura 9, la parte principal es el tanque de acondicionamiento donde se añade el  $\text{Na}_2\text{S}$  porque el mineral oxidado de plomo necesita tiempo para sulfidizar y convertirlo en un mineral hidrofóbico.

### 5.4.1. Determinación del número de pruebas de flotación

Para determinar el número de pruebas de flotación para este mineral, se utilizó el diseño factorial  $2^k$  con replica central. Entonces se utilizó la siguiente fórmula para determinar el número de pruebas.

$$2^k = N$$

Donde:

2 = niveles de pruebas

K = número de variables, en este caso 3 variables

N = número de pruebas

Por ende, reemplazando en la formula anterior se obtiene:

$$N = 2^3 = 8$$

Como el diseño experimental es de  $2^k$  con replica en el punto central tendremos los siguientes resultados:

Numero de pruebas = 8

Numero de pruebas centrales = 3

Para obtener una mejor precisión en los experimentos de flotación y obtener resultados muy confiables, así como para dar estimaciones promediadas con el efecto de curvatura; se le incrementaron tres replicas en el punto central del experimento, con esto obtenemos un total de 11 experimentos de flotación a realizar. En las siguientes tablas se muestran los niveles de las variables para el diseño factorial y también se representa la réplica central.

### 5.4.2. Variables para las pruebas de Flotación

Tabla 5. Variables para las pruebas de flotación.

<b>REACTIVOS</b>	<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
<b>Colector Z-11</b>	20gr/TM	100 gr/TM
<b>Na<sub>2</sub>S</b>	400 gr/TM	900 gr/TM
<b>Granulometría</b>	60% (-M <sub>200</sub> )	70% (-M <sub>200</sub> )

Fuente: Elaboración de los tesis

Tabla 6. Valores intermedios para ajustes en prueba

Colector Z-11	Dosificación de Na <sub>2</sub> S	Granulometría
60 gr/TM	650gr/TM	65% (-M <sub>200</sub> )

Fuente: Elaboración de los tesis

### 5.4.3. Análisis de los resultados por el diseño factorial 2k y con replica central

En esta tesis, las pruebas de flotación se realizaron en base a un diseño factorial 2<sup>k</sup> con una réplica central, se hicieron 8 pruebas considerando la interacción de las variables altas con las bajas, y 3 pruebas con el promedio de los niveles de cada variable. Entonces se hicieron un total de 11 pruebas de flotación.

Mostramos los resultados en la siguiente tabla 7:

Tabla 7. Matriz del diseño factorial

ESCALA CODIFICADA				ESCALA NATURAL			Y Respuesta
N	X1	X2	X3	Z-11	Na <sub>2</sub> S	GRANULOMETRIA	RECUPERACION (%)
				Z1	Z2	Z3	
1	1	1	1	100	900	70	91.22
2	1	1	-1	100	900	60	80.69
3	-1	1	1	20	900	70	77.08
4	-1	1	-1	20	900	60	54.29
5	1	-1	-1	100	400	60	49.5
6	1	-1	1	100	400	70	48.77
7	-1	-1	1	20	400	70	46.63
8	-1	-1	-1	20	400	60	42.55
9	0	0	0	60	650	65	83.47
10	0	0	0	60	650	65	82.46
11	0	0	0	60	650	65	81.64

Fuente: Elaboración de los tesisistas

#### 5.4.4. Reactivos de flotación para las pruebas

Como nos muestran las siguientes tablas se observan la cantidad total de reactivos y los reactivos que se utilizarán para cada prueba de la flotación de óxidos (Cerusita y Anglesita).

Tabla 8. Reactivos para flotación de los óxidos.

Colector Z-11 (gr/TM)	20-100
Na <sub>2</sub> S (gr/TM)	400-900
D-250 (gr/TM)	150

Nota: Elaboración de los tesisistas.

Tabla 9. Pruebas de flotación.

N° PRUEBA	Z-11 (gr/TM)	Na <sub>2</sub> S (gr/TM)	Granulometría (%)
1	100	900	70
2	100	900	60
3	20	900	70
4	20	900	60
5	100	400	60
6	100	400	70
7	20	400	70
8	20	400	60
9	60	650	65
10	60	650	65
11	60	650	65

Fuente. Elaborado por los tesisistas

### 5.5. Procedimiento para las pruebas de flotación a nivel laboratorio

El mineral que se dispuso para el estudio de flotación, se realizó en el laboratorio de la escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad San Antonio Abad de Cusco, para lo cual los pasos fueron los siguientes:

Se trasladó una muestra representativa de 50kg de mineral oxidado de plomo de la planta de Beneficio Santa Ana.

Se realizó un cuarteo sucesivo y se tomó las 2/4 partes hasta reducir a 1kg de mineral, por lo que la muestra tenía 60% (-M<sub>200</sub>) para lo cual se le introdujo al molino de bolas durante 3 minutos para obtener 70% (-M<sub>200</sub>).

Se preparó más de 6kg de muestra para las pruebas de flotación, ya que cada prueba necesita 459.3 gr. De mineral por prueba.

Se determinó la gravedad específica del mineral que es 2.77 para así determinar a un 30% de sólidos para la prueba de flotación.

Se calculó la dosificación de reactivos para las pruebas de flotación como la dosificación de Z-11, Na<sub>2</sub>S, D-250.

La celda de flotación se le añadió 700ml de agua más 459.3 gr de mineral oxidado de plomo y añadiendo los reactivos utilizando la tabla de máximos y mínimos el cual determinó la granulometría y la dosificación de Z-11 y Na<sub>2</sub>S, para cada prueba donde el espumante fue una constante o se determinaba dependiendo de la flotación.

Se utilizó 400 gramos de Na<sub>2</sub>S por una tonelada de mineral de plomo, entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de Na<sub>2</sub>S que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

Cantidad de Na<sub>2</sub>S por tonelada = 650 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

Cantidad de Na<sub>2</sub>S por gramo de mineral = 650 g / 1.000.000 g

= 0,00065 g/g

Cantidad de Na<sub>2</sub>S para 459,3 g de mineral = 0,00065 g/g x 459,3 g

= 0,298545 g

Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,299 gramos de Na<sub>2</sub>S para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 650 gramos de Na<sub>2</sub>S por una tonelada de mineral de plomo (para las tres pruebas intermedias), entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de Na<sub>2</sub>S que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

Cantidad de Na<sub>2</sub>S por tonelada = 650 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

Cantidad de Na<sub>2</sub>S por gramo de mineral = 650 g / 1.000.000 g

$$= 0,00065 \text{ g/g}$$

$$\text{Cantidad de Na}_2\text{S para 459,3 g de mineral} = 0,00065 \text{ g/g} \times 459,3 \text{ g}$$

$$= 0,298545 \text{ g}$$

### Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,299 gramos de Na<sub>2</sub>S para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 900 gramos de Na<sub>2</sub>S por una tonelada de mineral de plomo, entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de Na<sub>2</sub>S que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

$$\text{Cantidad de Na}_2\text{S por tonelada} = 900 \text{ g/tonelada}$$

$$\text{Cantidad de mineral} = 459,3 \text{ g}$$

Conversión de toneladas a gramos

$$1 \text{ tonelada} = 1000 \text{ kg} = 1.000.000 \text{ g}$$

Cálculo de la cantidad de Na<sub>2</sub>S

$$\text{Cantidad de Na}_2\text{S por gramo de mineral} = 900 \text{ g} / 1.000.000 \text{ g}$$

$$= 0,0009 \text{ g/g}$$

$$\text{Cantidad de Na}_2\text{S para 459,3 g de mineral} = 0,0009 \text{ g/g} \times 459,3 \text{ g}$$

$$= 0,41337 \text{ g}$$

#### Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,413 gramos de Na<sub>2</sub>S para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 20 gramos de Z-11 por una tonelada de mineral de plomo, entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de xantato Z-11 que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por tonelada = 20 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por gramo de mineral = 20 g / 1.000.000 g

$$= 0,00002 \text{ g/g}$$

Cantidad de xantato para 459,3 g de mineral = 0,00002 g/g x 459,3 g

$$= 0,009186 \text{ g}$$

#### Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,0092 gramos de xantato Z-11 para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 60 gramos de Z-11 por una tonelada de mineral de plomo (para las tres pruebas intermedias), entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de xantato Z-11 que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por tonelada = 60 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por gramo de mineral =  $60 \text{ g} / 1.000.000 \text{ g}$

= 0,00006 g/g

Cantidad de xantato para 459,3 g de mineral =  $0,00006 \text{ g/g} \times 459,3 \text{ g}$

= 0,027558 g

Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,0276 gramos de xantato Z-11 para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 100 gramos de Z-11 por una tonelada de mineral de plomo, entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de xantato Z-11 que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por tonelada = 100 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de xantato

Cantidad de xantato por gramo de mineral =  $100 \text{ g} / 1.000.000 \text{ g}$

= 0,0001 g/g

Cantidad de xantato para 459,3 g de mineral =  $0,0001 \text{ g/g} \times 459,3 \text{ g}$

= 0,04593 g

Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,046 gramos de xantato Z-11 para 459,3 gramos de minerales de plomo.

Se utilizó 150 gramos de Espumante D-250 por una tonelada de mineral de plomo (si la dosificación del espumante es constante para las 11 pruebas), entonces ¿cuánto cuanto utilizaremos por 459.3 gramos de mineral de plomo?

Para calcular la cantidad de D-250 que se necesita para 459,3 gramos de minerales de plomo, podemos utilizar la siguiente proporción:

Cálculo de la cantidad de D-250

Cantidad de D-250 por tonelada = 150 g/tonelada

Cantidad de mineral = 459,3 g

Conversión de toneladas a gramos

1 tonelada = 1000 kg = 1.000.000 g

Cálculo de la cantidad de D-250

Cantidad de D-250 por gramo de mineral =  $150 \text{ g} / 1.000.000 \text{ g}$

= 0,00015 g/g

Cantidad de D-250 para 459,3 g de mineral =  $0,00015 \text{ g/g} \times 459,3 \text{ g}$

= 0,068895 g

Resultado

Se necesitarían aproximadamente 0,069 gramos de D-250 para 459,3 gramos de minerales de plomo.

% de Recuperación:

$$R = \frac{c\%(f\% - t\%)}{f\%(c\% - t\%)} \times 100$$

$$R = (14.27(10.82-3.08)) * 100 / (10.82(14.27-3.08)) = 110.44 * 100 / 121.07$$

$$R = 91.22\%$$

Radio de concentración

$$\frac{F}{C} = \frac{c\% - t\%}{f\% - t\%}$$

$$F/C = ((14.27-3.08)/(10.82-3.08))$$

$$F/C = 11,19/7.74$$

$$F/C = 1.44$$

$$C = F(f-t)/(c-t)$$

Donde:

F = CABEZA

C = CONCENTRADO

T = RELAVE

c = ley de concentrado

f = ley de cabeza

t = ley de relave

## Prueba 1

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 100gr/TM = 0.0459 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 900gr/TM = 0.41337 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 70% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 10. Balance metalúrgico de la prueba N° 01

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	14.27	317.69	45.33	91.22	1.45
RELAVE	3.08	141.61	4.36	8.78	

Fuente. Elaborado por los tesistas

## Prueba 02

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%

- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 100 gr/TM = 0.0459 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 900 gr/TM = 0.41337 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 60% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 11. Balance metalúrgico de la prueba N° 02

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	21.3	188.27	40.10	80.69	2.44
RELAVE	3.54	271.03	9.59	19.31	

Fuente. Elaborado por los tesistas

### Prueba 03

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 20 gr/TM = 0.0092 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 900 gr/TM = 0.41337 gr Na<sub>2</sub>S

- Granulometría: 70% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 12. Balance metalúrgico de la prueba N° 03

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	18.89	202.79	38.31	77.08	2.26
RELAVE	4.44	256.51	11.39	22.92	

Fuente. Elaborado por los tesistas

#### Prueba 04

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 20 gr/TM = 0.0092 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 900 gr/TM = 0.41337 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 60% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 13. Balance metalúrgico de la prueba N° 04

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	27.16	99.35	26.98	54.30	4.62
RELAVE	6.31	359.95	22.71	45.70	

Fuente. Elaborado por los tesistas

#### Prueba 05

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 100 gr/TM = 0.0459 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 400 gr/TM = 0.184 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 60% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 14. Balance metalúrgico de la prueba N° 05

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	33.59	73.24	24.60	49.51	6.27
RELAVE	6.5	386.06	25.09	50.49	

Fuente. Elaborado por los tesistas

## Prueba 06

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 100 gr/TM = 0.0459 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 400 gr/TM = 0.184 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 70% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 15. Balance metalúrgico de la prueba N° 06

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	27.65	87.66	24.24	48.77	5.24
RELAVE	6.85	371.64	25.46	51.23	

Fuente. Elaborado por los tesistas

## Prueba 07

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%

- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 20 gr/TM = 0.0092 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 400 gr/TM = 0.184 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 70% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 16. Balance metalúrgico de la prueba N° 07

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	46.31	50.05	23.18	46.64	9.18
RELAVE	6.48	409.25	26.52	53.36	

Fuente. Elaborado por los tesistas

#### Prueba 08

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 20 gr/TM = 0.0092 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 400 gr/TM = 0.184 gr Na<sub>2</sub>S

- Granulometría: 60% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 17. Balance metalúrgico de la prueba N° 08

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	24.28	87.10	21.15	42.56	5.27
RELAVE	7.67	372.20	28.55	57.44	

Fuente. Elaborado por los tesisistas

#### Prueba 09

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 60gr/TM = 0.0276 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 650gr/TM = 0.299 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 65% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM= 0.068895 gr

Tabla 18. Balance metalúrgico de la prueba N° 09

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	27.55	150.58	41.48	83.48	3.05
RELAVE	2.66	308.72	8.21	16.52	

Fuente. Elaborado por los tesistas

#### Prueba 10

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.3 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 60gr/TM = 0.0276 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 650gr/TM = 0.299 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 65% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM = 0.068895 gr

Tabla 19. Balance metalúrgico de la prueba N° 10

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	30.28	135.34	40.98	82.46	3.39
RELAVE	2.69	323.96	8.71	17.54	

Fuente. Elaborado por los tesistas

### Prueba 11

- Condiciones generales:
- Peso del mineral: 459.30 gr
- % Sólidos: 30%
- pH: 8
- Condiciones de flotación:
- Colector Z-11: 60gr/TM = 0.0276 gr Z-11
- Na<sub>2</sub>S: 650gr/TM = 0.299 gr Na<sub>2</sub>S
- Granulometría: 65% (-M200)
- Espumante D-250: 150gr/TM= 0.068895 gr

Tabla 20. Balance metalúrgico de la prueba N° 11

	ley (%Pb)	PESO(gr)	CONTENIDO	% RECUPERACION	RATIO
CABEZA	10.82	459.30	49.70	100.00	
CONCENTRADO	29.14	139.24	40.57	81.65	3.30
RELAVE	2.85	320.06	9.12	18.35	

Fuente. Elaborado por los tesistas

NOTA: Podemos ver en las recuperaciones de las 11 pruebas que se logró aumentar la recuperación hasta 91.92%; pero con una dosificación máxima del colector xantato Z-11 y la dosificación del Na<sub>2</sub>S, se determinó el mínimo ratio de concentración de las 11 pruebas, lo que

indica que se debe mejorar la calidad del concentrado para el cual se debe disminuir una mínima variación de las dosificaciones de xantato y  $\text{Na}_2\text{S}$  para obtener un concentrado de mayor calidad ya que éste se mezcla con el concentrado de la Galena en el procesamiento en la planta Santa Ana que llega con un 60% de Pb, por lo cual al mezclarse se consigue mayor volumen con una ley final de 40 a 45% de Pb el cual es económicamente rentable.

## 5.6. Resultados de las pruebas de flotación

Tabla 21. Resultados de las pruebas de flotación.

PRUEBAS	CONCENTRADO		RELAVE		RECUPERACION (%)
	Pb (%)	PESO (gr)	Pb (%)	PESO (gr)	
1	14.27	317.69	3.08	141.61	91.22
2	21.3	188.27	3.54	271.03	80.69
3	18.89	202.79	4.44	256.51	77.08
4	27.16	99.35	6.31	359.95	54.29
5	33.59	73.24	6.5	386.06	49.50
6	27.65	87.66	6.85	371.64	48.77
7	46.31	50.05	6.48	409.25	46.63
8	24.28	87.10	7.67	372.20	42.55
9	27.55	150.58	2.66	308.72	83.47
10	30.28	135.34	2.69	323.96	82.46
11	29.14	139.24	2.85	320.06	81.64

Fuente. Elaborado por los tesistas

Como se puede observar en la tabla 10 que la prueba experimental que la menor recuperación es de 42.55% estoy indica que se utilizó sus rangos mínimos de las variables, mientras que si

utilizamos los rangos máximo de las 3 variables influentes en el proceso de flotación se obtendrá una recuperación del 91.22% determinando la significancia de las variables.

## CAPITULO VI: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Variables del proceso involucrados

Después de haber obtenido los resultados, se muestran una vez más las variables utilizadas para dichas pruebas.

#### 6.1.1. Variables independientes

- Colector Z-11 (g/TM)
- Sulfidizante Na<sub>2</sub>S (g/TM)
- Granulometría (-M<sub>200</sub>)

#### 6.1.2. Variable dependiente

- Porcentaje de recuperación de Pb

### 6.2. Cálculo de los efectos de variables

Este tipo de diseño nos ayuda a estudiar los tres efectos principales, estos son, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>; también tres interacciones dobles X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>, X<sub>1</sub>X<sub>3</sub>, X<sub>2</sub>X<sub>3</sub> y una interacción triple X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>.

Para saber cuantitativamente los efectos de las variables sobre la respuesta, se determina el cálculo de los efectos, esto está definido como el cálculo de la diferencia entre los valores de las respuestas, cuando en los tratamientos respectivos, las variables se encuentran en su nivel inferior y superior; por la siguiente expresión:

$$EX = \frac{\sum Y_+ - \sum Y_-}{\left(\frac{N}{2}\right) \cdot (r)} \quad Ecu. 1$$

Donde:

$\sum Y_+$  = Sumatoria de las respuestas correspondientes al nivel superior de los factores

$\sum Y_-$  = Sumatoria de las respuestas correspondientes al nivel inferior de los factores

N= Numero de pruebas experimentales

r= Numero de réplicas de diseño

Siendo R=1 por ser un diseño factorial  $2^k$  con replica central y N=8

La matriz del diseño factorial tiene tantas filas como experimentos y tantas columnas como los efectos que se estimaron, según podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 22. Matriz y respuestas experimentales.

	EFECTOS PRINCIPALES			EFECTO DE INTERACCIONES DOBLES			INT. TRIPLES	VECT. RESP
	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	Y
X0								
1	1	1	1	1	1	1	1	91.22
1	0	0	0	0	0	0	0	83.47
1	0	0	0	0	0	0	0	82.46
1	0	0	0	0	0	0	0	81.64
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	80.69
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	77.08
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	54.29
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	49.50
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	48.77
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	46.63
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	42.55

Fuente: Elaborado por los tesisistas

En la tabla se determina la matriz de variables independientes, en la cual se incluye un vector  $X_0$ , todos estos con signo positivo, este nos permitirá determinar el promedio de las respuestas de todos los puntos experimentales, el cual nos determina el efecto de la curvatura, además se incluyen los vectores de las interacciones de las variables.

$EX_0$ : es el promedio de todos los valores respuestas de los puntos experimentales, excepto los puntos centrales; esta expresión se puede expresar de la siguiente manera:

$$EX_0 = \frac{E_Y}{N} \text{ Ecu. 2}$$

Utilizando la ecuación 2 calculamos el  $EX_0$  para el  $Na_2S$

$$EX_0 = \frac{491.28}{8} = 61.41$$

Luego aplicando la ecuación 1 procedemos a calcular los efectos de las variables e interacciones, teniendo en cuenta que los puntos que fueron replicados no entran en el cálculo de los efectos, los cálculos se hicieron en Minitab, pero se demuestra el primero que es  $EX_1$ .

$$EX_1 = \frac{270.18 - 221.18}{\left(\frac{8}{2}\right) * 1} = 12.25$$

Tabla 23. Efecto de las variables e interacciones.

Término	Efecto	Coef.	EE del Coef.	Valor T	Valor p	FIV
constante		61.41	0.324	189.51	0.00	
dosificación de Z-11	12.255	6.128	0.324	18.91	0.003	1.00
dosificación de Na <sub>2</sub> S	29.11	14.555	0.324	44.91	0.00	1.00
Granulometría	9.32	4.66	0.324	14.38	0.005	1.00
dosificación de Z-11*dosificación de Na <sub>2</sub> S	7.71	3.855	0.324	11.9	0.007	1.00
dosificación de Z-11*Granulometría	-4.42	-2.21	0.324	-6.82	0.021	1.00
dosificación de Na <sub>2</sub> S*Granulometría	7.645	3.822	0.324	11.79	0.007	1.00
dosificación de Z-11*dosificación de Na <sub>2</sub> S*Granulometría	-2.015	-1.007	0.324	-3.11	0.09	1.00
punto central		21.106		34.01	0.001	1.00

Fuente: Elaborada por los tesistas

### 6.2.1. Interpretación de los efectos

La interpretación física del cálculo de los efectos es ver como varia la respuesta al variar un variable desde el nivel inferior hasta el nivel superior.

### 6.2.2. Interpretación de los efectos para la dosificación de Na<sub>2</sub>S

#### 6.2.2.1. Efectos principales:

Para el colector Z-11 (g/TN) (EX1): al aumentar la cantidad de colector Z-11 de 20 a 100 g/TN, aumenta la recuperación de plomo en 12.25.

Para la variación de Na<sub>2</sub>S (g/TN) (EX2): al aumentar de 400 a 900 g/TN al haber obtenido un punto positivo podemos decir que la recuperación de plomo aumenta en 29.11.

Para la granulometría (EX3): al aumentar de 60% a 70% de -M<sub>200</sub> podemos decir que la recuperación de plomo aumenta en 9.32.

### 6.2.2.2. Efectos de las interacciones:

Los efectos de las interacciones dobles (X1X2, X1X3, X2X3) determinan el grado de influencia que tiene una combinación de factores sobre la variable respuesta.

- Interacción de la dosificación de Z-11 y la dosificación de Na<sub>2</sub>S (EX1X2): el efecto de la interpretación es 7.71, este valor nos indica que existe interacción entre ellos.
- Interacción de la dosificación de Z-11 y granulometría (EX1X3): el efecto de la interpretación es -4.42, este valor negativo nos indica que no existe interacción entre ellos.
- Interacción de la dosificación de Na<sub>2</sub>S y la granulometría (EX2X3): el efecto de la interpretación es 7.64, el signo positivo no indica que si hay interacción entre los dos.
- Interacción de la dosificación de Z-11, dosificación de Na<sub>2</sub>S y la granulometría (EX1X2X3): el efecto de la interpretación es -2.01, el signo negativo nos indica que no hay interacción entre los tres.

### 6.2.3. Análisis de la varianza del diseño factorial.

El análisis de varianza es una herramienta útil en la inferencia estadística, se aplica para probar la significancia de los efectos en el diseño experimental. Con este análisis se va a determinar cuál de las variables de un grupo determinado (colector Z-6, Na<sub>2</sub>S y granulometría), son realmente en esta investigación importantes.

El análisis de varianza implica el cálculo de:

$$SS_{\text{total}} = SS_{\text{efectos}} + SS_{\text{error}} + SS_{\text{curvatura}}$$

Donde:

$SS_{total}$ : Suma total de cuadrados

$SS_{efectos}$ : suma de cuadrados debida a los efectos o tratamientos

$SS_{error}$ : suma de cuadrados debida al error

$SS_{curvatura}$ : suma de cuadrados para la curvatura

**a) Suma de cuadrados de los efectos e interacciones**

Para determinar la suma de cuadrados de los efectos e interacciones utilizaremos la siguiente ecuación:

$$SS_{EFECTO} = \frac{(\sum Y_+ - \sum Y_-)^2}{N * r}$$

Siendo  $r=1$  para el tipo de diseño factorial  $2^k$  con replicas en el punto central del diseño y  $N=8$  número de pruebas sin punto central.

**b) Cálculo de la suma de cuadrados de los efectos para el  $N_{a2S}$**

Los siguientes cálculos se realizaron con la ayuda del software Excel, el primero efecto se calcula para la demostración.

$$SS_{EFECTOZ-11} = \frac{(270.18 - 221.18)^2}{8 * 1} = 300.37$$

$$Y^o = \frac{(83.47 + 82.46 + 81.64)}{3} = 82.52$$

$$SS_{error} = (83.47 - 82.52)^2 + (82.46 - 82.52)^2 + (81.64 - 82.52)^2$$

$$SS_{error} = 1.68$$

$$Y = \frac{491.36}{8} = 61.42$$

$$SS_{CURVATURA} = \frac{8 * 3 * (61.34 - 82.52)^2}{(8 + 3)} = 971.90$$

$$SS_{efectos} = 2451.86$$

La suma de cuadrados para el Na<sub>2</sub>S

$$SS_{TOTAL} = SS_{EFECTOS} + SS_{ERROR} + SS_{CURVATURA}$$

$$SS_{TOTAL} = 2451.86 + 1.68 + 971.90$$

$$SS_{TOTAL} = 34425.44$$

Tabla 24. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	8	3423.76	427.97	509.35	0.002
Lineal	3	2168.88	722.96	860.43	0.001
Dosificación de Z-11	1	300.37	300.37	357.48	0.003
dosificación de Na <sub>2</sub> S	1	1694.78	1694.78	2017.04	0
Granulometría	1	173.72	173.72	206.76	0.005
Interacción de 2 términos	3	274.85	91.62	109.04	0.009
Dosificación de Z-11*Dosificación de Na <sub>2</sub> S	1	118.89	118.89	141.49	0.007
Dosificación de Z-11*Granulometría	1	39.07	39.07	46.5	0.021
Dosificación de Na <sub>2</sub> S*Granulometría	1	116.89	116.89	139.12	0.007
Interacción de 3 términos	1	8.12	8.12	9.66	0.09
Dosificación de Z-11*Dosificación de Na <sub>2</sub> S*Granulometría	1	8.12	8.12	9.66	0.09
Curvatura	1	971.9	971.9	1156.71	0.001
Error	2	1.68	0.84		
Total	10	3425.44			

Fuente: Elaborada por los tesisistas

Como podemos observar en la tabla 13, el valor p es menor a 0.05 en los efectos individuales como la dosificación de Z-11 (EX1), dosificación de Na<sub>2</sub>S (EX2) y la granulometría (X3) y las interacciones dobles (EX1X2), (EX1X3) y (EX2X3) son significativas, pero no tienen significancia en la interacción triple (EX1X2X3) por ser mayor a 0.05.

### **Ecuación de regresión en unidad no codificadas**

$$\begin{aligned} \% \text{ Recuperación} = & 106.0 - 0.230 \text{ Dosificación de Z-11} - 0.2423 \text{ Dosificación de Na}_2\text{S} - 1.179 \\ & \text{Granulometría} + 0.001695 \text{ Dosificación de Z-11} * \text{Dosificación de Na}_2\text{S} + \\ & 0.00205 \text{ Dosificación de Z-11} * \text{Granulometría} + 0.004267 \text{ Dosificación de Na}_2\text{S} \\ & * \text{Granulometría} - 0.000020 \text{ Dosificación de Z-11} * \text{Dosificación de Na}_2\text{S} * \\ & \text{Granulometría} + 21.106 \text{ Pt Ctrial.} \end{aligned}$$

Donde:

X<sub>1</sub> = Dosificación de Z-11

X<sub>2</sub> = Dosificación de Na<sub>2</sub>S

X<sub>3</sub> = Granulometría (%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Recuperación} = & 106.0 - 0.230.X_1 - 0.2423.X_2 - 1.179.X_3 + 0.001695.X_1.X_2 + 0.00205.X_1.X_3 + \\ & 0.004267.X_2.X_3 - 0.000020.X_1.X_2.X_3 + 21.106. \text{ Pt Ctrial.} \end{aligned}$$

Tabla 25. Análisis de R cuadrado

S	R- CUADRADO	R-CUADRADO (AJUSTADO)	R-cuadrado (pred)
1.65944	99.78%	99.25%	90.09%

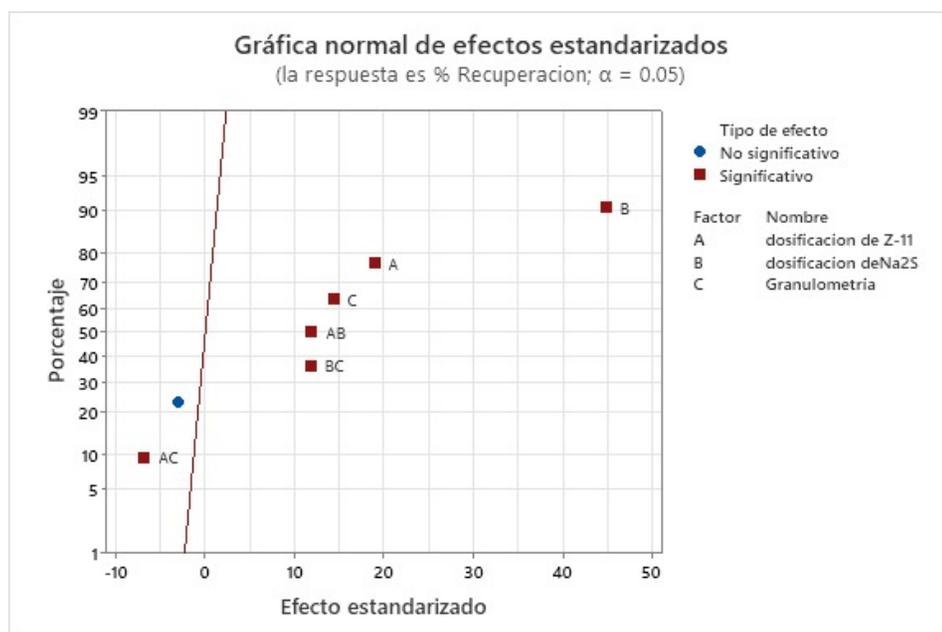
Fuente: Elaborada por los tesisistas

R Cuadrado: Nos determina el porcentaje de variación en la respuesta que es explicado con el modelo matemático, mientras mayor sea el valor de R cuadrado se ajustara mejor el modelo a los datos.

R cuadrado: Siempre estará de 0 a 100%

R cuadrado (predicción): Nos predice las respuestas para nuevas observaciones, entre mayor sea este valor mayor será la capacidad de predicción.

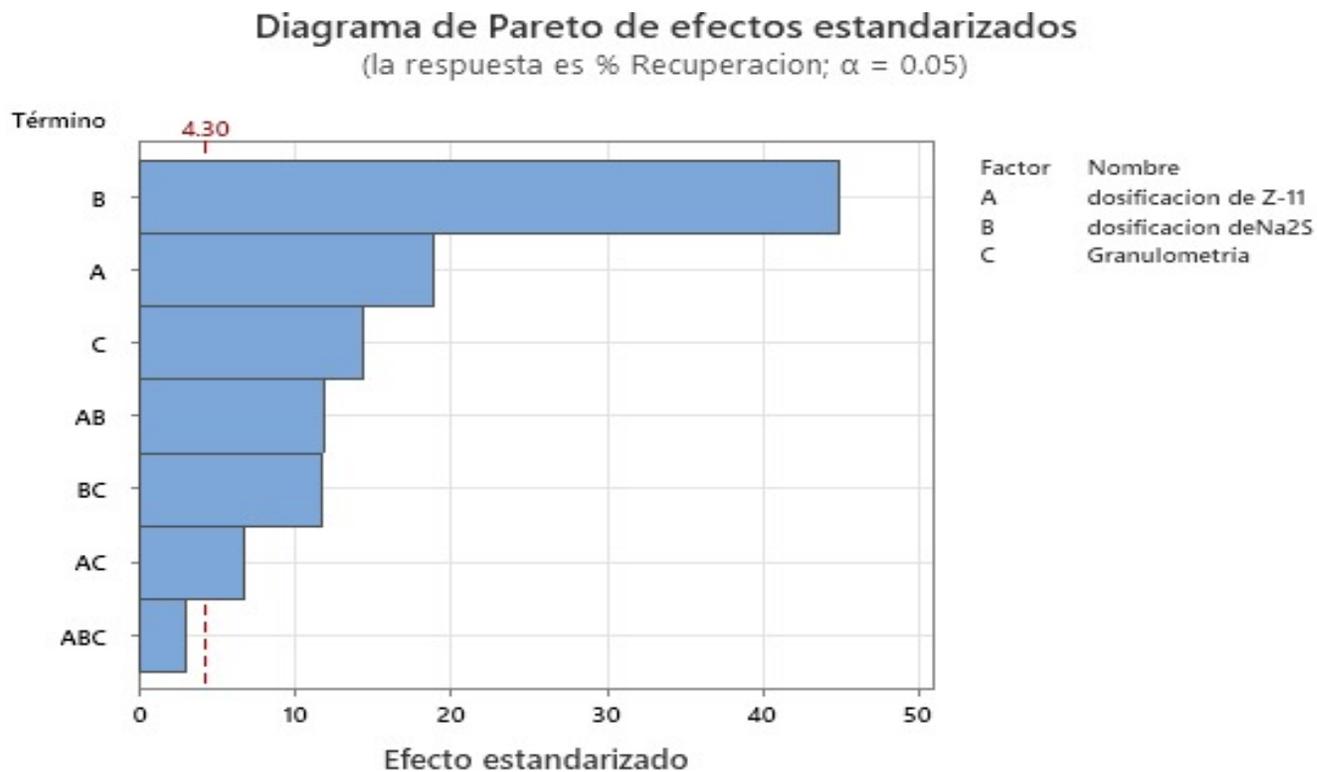
Figura 12. Grafica normal



Fuente: Elaborada por los tesisistas

Nota: La figura 10 no demuestra gráficamente las interacciones y que si hay significancia en los datos tomados.

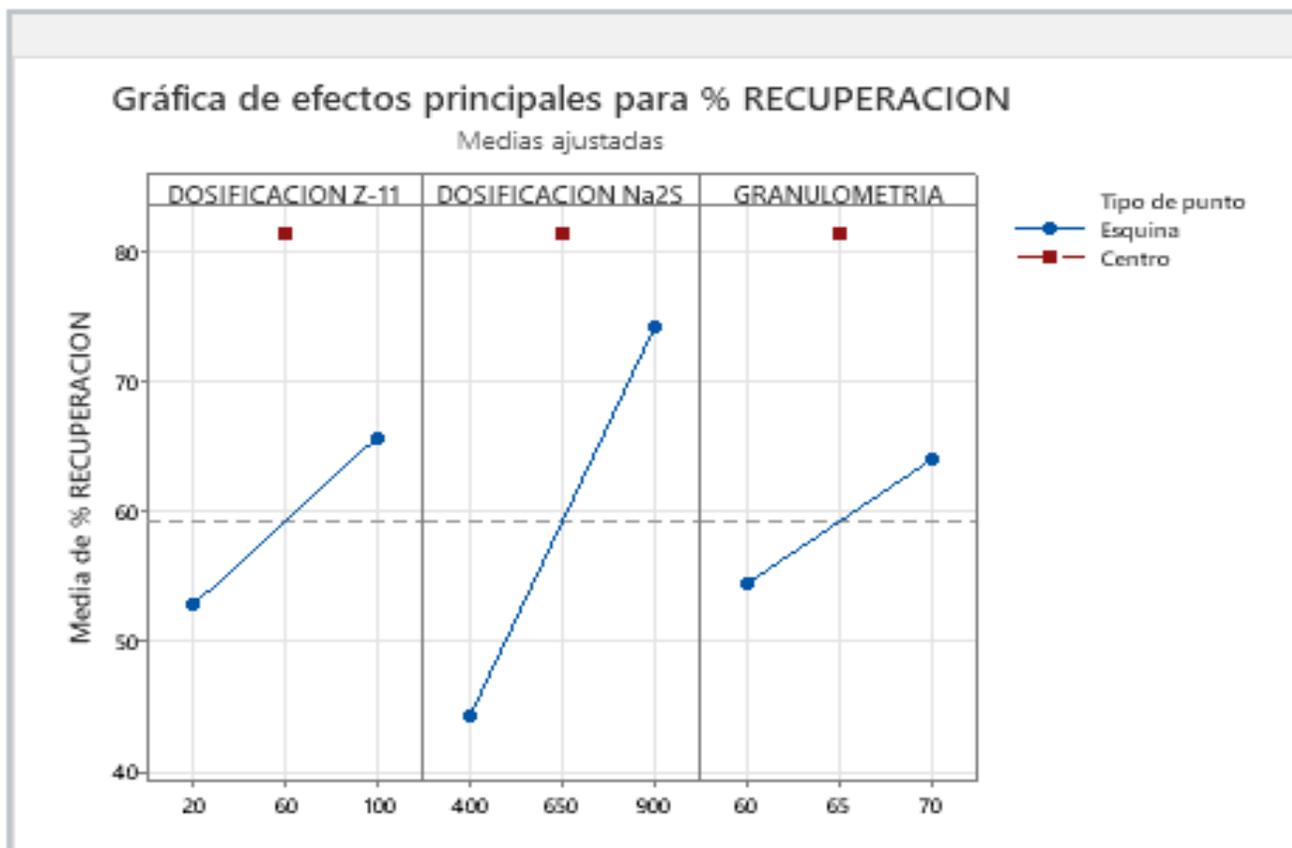
Figura 13. Diagrama de Pareto



Fuente: Elaborada por los tesisistas

Nota: La figura 11 confirma la significancia de los efectos, todos los valores que pase la línea 3.18 son significativos.

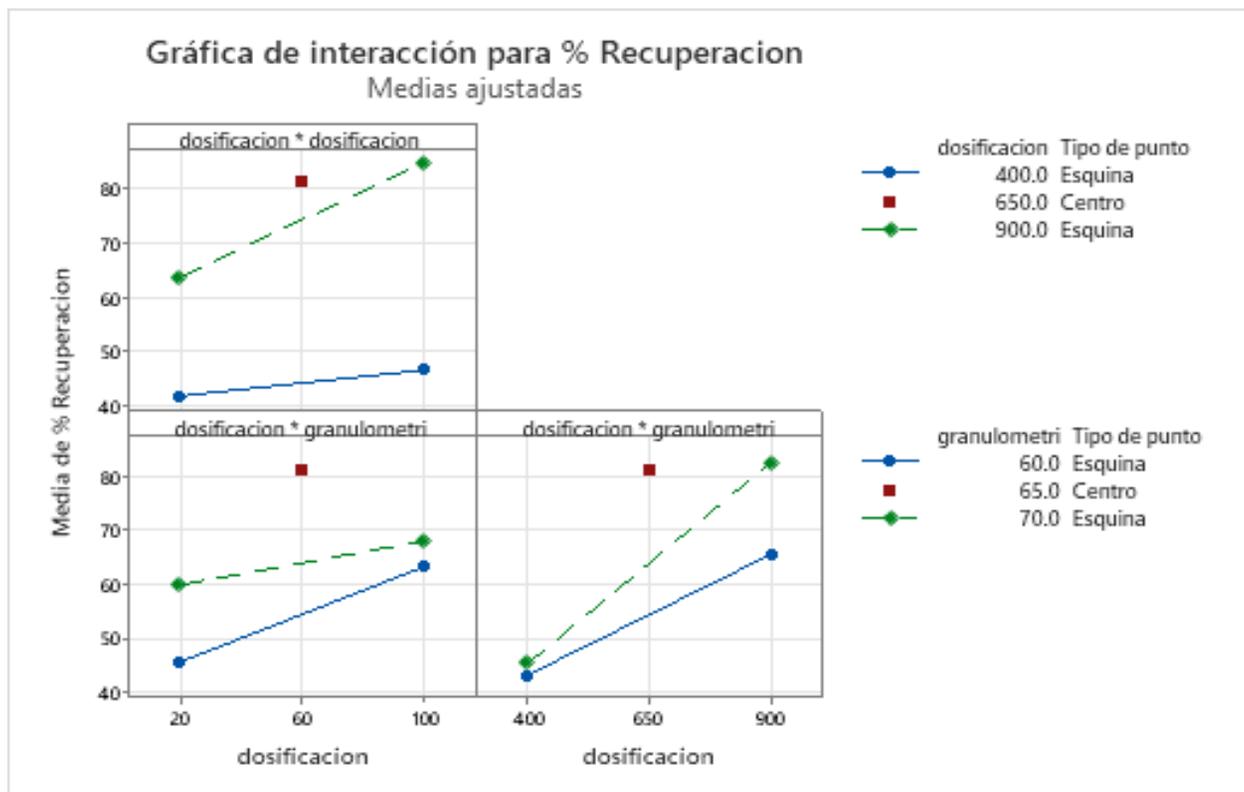
Figura 14. Grafica de los 3 efectos



Fuente: Elaborada por los tesisistas

Nota: Los tres efectos individuales como Z-11, Na<sub>2</sub>S, Granulometría son significativas, porque hay un incremento en los efectos o factores sobre la variable respuesta., mientras más pendiente es más significativo.

Figura 15. Grafica de las interacciones



Fuente: Elaborada por los tesisistas

Nota: Si hay una intersección o se van a cruzar tienen un nivel de significancia, pero si no se chocan no tienen significancia como se puede ver en la figura 13.

## CONCLUSIONES

- En conclusión, luego de calcular los resultados de los porcentajes de recuperación de las 11 pruebas experimentales, se obtuvo como mayor recuperación en la prueba numero 8 con el cual obtuvimos una recuperación máxima del 91.22% el mediante la flotación sulfidizante de óxidos de plomo de los relaves de la planta de beneficio Santa Ana- Nazca S.A.C.
- Para la mayor recuperación de plomo la dosificación fue de 100 gr/ton de Z-11.
- Para incrementar al máximo la recuperación por flotación sulfidizante de minerales oxidados de plomo de los relaves de la planta de beneficio Santa Ana SAC se debe dosificar 900 gr/ton de  $\text{Na}_2\text{S}$  con la finalidad de llegar a la recuperación del 91.22%.
- Para obtener una máxima recuperación de plomo la granulometría para el proceso de flotación debe ser 70%  $-M_{200}$ .
- El valor del plomo contenido en 1 tonelada de mineral al 20% sería de \$400. Este sería el valor del plomo contenido, no necesariamente el precio de venta del mineral.

## RECOMENDACIONES

- Seguir con las investigaciones para el tratamiento del mineral de la cerusita y anglesita del yacimiento Patamina, dada su importancia por el contenido de plomo, plata y oro por el método de flotación con sulfidizantes  $\text{Na}_2\text{S}$ .
- Se recomienda que el proceso de reacondicionamiento de la pulpa sea un tiempo más prolongado entre 20 y 30 minutos dada su composición mineralógica significativamente.
- Se sugiere una buena dosificación de los reactivos: Z-11,  $\text{Na}_2\text{S}$  y D-250 en la planta Santa Ana SAC-Nazca. para optimizar la recuperación de plomo.

## REFERENCIAS

- Astucuri, V. (1999). *"INTRODUCCION A LA FLOTACION DE MINERALES.*
- Azañero, A. (2015). *FLOTACION Y CONCENTRACION DE MINERALES.* COLECCIONES JOVIC.
- Bravo, G. (2015). *Manual flotacion de minerales* . slideshare:  
<https://es.slideshare.net/slideshow/162775688-manualflotaciondeminales/53533742>
- CASTELO, C. (2008). *PROCESAMIENTO DE MINERALES -MINERALURGIA.*  
[https://www.academia.edu/41316681/PROCESAMIENTO\\_DE\\_MINERALES\\_MINERALURGIA\\_II\\_CAPITULO\\_I\\_PRINCIPIOS\\_DE\\_LA\\_FLOTACION\\_DE\\_MINERALES\\_1\\_1\\_OBJETIVO](https://www.academia.edu/41316681/PROCESAMIENTO_DE_MINERALES_MINERALURGIA_II_CAPITULO_I_PRINCIPIOS_DE_LA_FLOTACION_DE_MINERALES_1_1_OBJETIVO)
- Castro, S. (2003). *FLOTACION FUNDAMENTOS Y APLICACIONES.* Universidad de Concepción.
- Diaz, C. (2011). *Evaluación de propiedades.*  
[https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2685/4\\_-\\_Evaluacion\\_de\\_propiedades\\_fisicoquimicas\\_de\\_sustratos.pdf?sequence=9&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2685/4/_Evaluacion_de_propiedades_fisicoquimicas_de_sustratos.pdf?sequence=9&isAllowed=y)
- Garcia, Z. (2003). *CINETICA DE FLOTACION.* <https://es.slideshare.net/slideshow/cinetica-de-flotacion/34498332>
- Gulderg, w. (2024). *Cinética de flotación de minerales.*
- Larraín, M. (2016). *Revista MINERÍA CHILENA* . ISSUU:  
[https://issuu.com/revistamch/docs/mch\\_421\\_digital](https://issuu.com/revistamch/docs/mch_421_digital)

Meraz, P. (2018). EL PROCESO DE FLOTACION EN EL BENEFICIO DE LOS MINERALES:

<https://es.linkedin.com/pulse/el-proceso-de-flotacion-en-beneficio-los-minerales-meraz-vinaja->

NUÑEZ, P. (2023). *FLOTACION DE MINERALES OXIDADOS DE PLOMO*. slideshare:

<https://es.slideshare.net/slideshow/flotacion-de-minerales-oxidadospdf/257425274>

Serrano, J. A. (1995). *TERMODINAMICA Y DIAGRAMA DE EQUILIBRIO* . REVERTE IPN.

Sutulov, A. (1963). *FLOTACION DE MINERALES*.

[https://www.academia.edu/25207091/Flotacion\\_de\\_Minerales\\_Alexander\\_Sutulov\\_](https://www.academia.edu/25207091/Flotacion_de_Minerales_Alexander_Sutulov_)

Taco, O. (2018). *CONCENTRACION DE MINERALES*.

# ANEXOS

## Anexo a. Matriz de consistencia

## FLOTACIÓN DE ÓXIDO DE PLOMO POR SULFIDIZACIÓN DE LOS RELAVES EN LA PLANTA DE BENEFICIO SANTA

## ANA – NAZCA.

Planteamiento de problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿En qué medida se recuperará el óxido de plomo por flotación de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana- Nazca?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p><b>PE1:</b> ¿Cuál será la dosificación de Z-11 para una recuperación ideal en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana –Nazca?</p> <p><b>PE2:</b> ¿Cuál será la dosificación de sulfuro de sodio que permita una mayor recuperación de óxido de plomo por flotación a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca?</p> <p><b>PE3:</b> ¿Cuál es la granulometría para una buena recuperación en la flotación de óxido de plomo por sulfidización a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Recuperar el óxido de plomo por flotación a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>Objetivo Específicos</b></p> <p><b>OE1:</b> Definir dosificación de Z-11 para una adecuada recuperación en la flotación de minerales oxidados de plomo por sulfurización a partir de relaves de flotación de minerales desulfuros de plomo en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>OE2:</b> Determinar la dosificación de sulfuro de sodio para incrementar la recuperación del óxido de plomo por flotación a partir de los relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>OE3:</b> Determinar la granulometría para una buena recuperación en la flotación del óxido de plomo por sulfidización a partir de relaves en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> Al utilizar sulfuro de sodio permite una buena recuperación en la flotación de minerales oxidados de plomo por sulfurización a partir de relaves de flotación de minerales de sulfuros de plomo en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p><b>H1:</b> La dosificación de Z-11 ideal influye considerablemente en la recuperación en la flotación de minerales oxidados de plomo por sulfurización a partir de relaves de flotación de minerales de sulfuros de plomo en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>H2:</b> Si dosificamos sulfuro de sodio favorece la recuperación en la flotación de minerales oxidados de plomo por sulfurización a partir de relaves de flotación de minerales de sulfuros de plomo en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p> <p><b>H3:</b> La adecuada granulometría posibilita una buena recuperación en la flotación de minerales oxidados de plomo por sulfurización a partir de relaves de flotación de minerales de sulfuros de plomo en la planta de beneficio Santa Ana – Nazca.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación de óxidos de plomo</li> </ul> <p><b>Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dosificación de Z-11</li> <li>Dosificación de sulfuro de sodio</li> <li>Granulometría del mineral</li> <li><b>Indicadores dependientes</b> Dosificación de Recuperación (%)</li> <li><b>Indicadores independientes</b></li> <li>Dosificación de Z-11 (gr/Tn)</li> <li>Dosificación del sulfuro de sodio (gr/Tn)</li> <li>Granulometría del mineral (mm - <math>\mu</math>m)</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b> Tecnológico experimental</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Es una investigación tecnológica de nivel descriptivo y explicativo</p> <p><b>Método de la investigación</b> Se aplico el método de carácter explicativo</p> <p><b>Diseño Experimental</b> Diseño factorial 2<sup>3</sup> con software MINTAB</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo b. Mina Patamina - Chumbivilcas

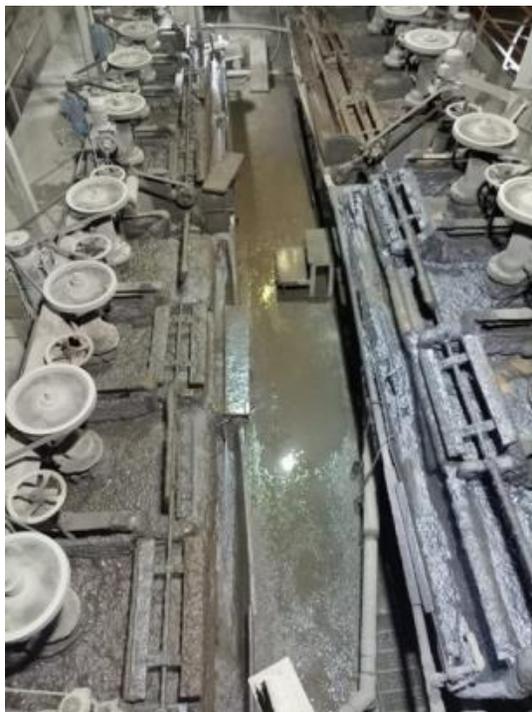


Anexo c. Circuito de molienda en la planta Santa Ana SAC-NAZCA



Fuente: Elaboración de los tesis

Anexo d. Las 4 Celdas Denver en serie en la planta Santa Ana SAC-NAZCA



Anexo e. Plateo de la cerusita y anglesita en la planta Santa Ana SAC-NAZCA



**Procedimientos en el laboratorio de Ingeniería Metalúrgica de  
la UNSAAC para la flotación de minerales de la planta de beneficio  
Santa Ana-SAC NAZCA**

## Anexo f. Secado de las muestras



Anexo g. Tamizado del mineral a lo natural



## Anexo h. molienda del mineral en seco



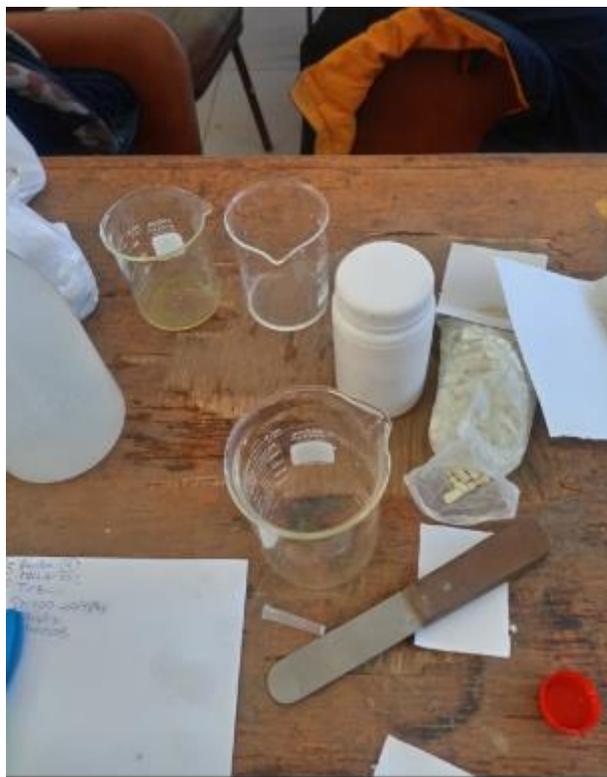


Anexo i. Pesado del mineral para su posterior rotulado y su análisis  
químico



Anexo j. Preparación de Reactivos para las pruebas de flotación





Anexo k. Flotación de cada una de las muestras



Anexo I. Prueba de flotación trabajado con pH neutro



Anexo m. Prueba de flotación y palo manual para la recolección del concentrado de mineral



## Anexo n. Análisis del relave de la primera celda Denver

Quality Analysis



Innovative Technologies

### INFORME DE ENSAYO

#### AQ24-8743-03

---

**A SOLICITUD DE:** YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA  
Nasca – Santa Ana  
Nasca – Santa Ana

**POR CUENTA DE:** YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA  
Nasca – Santa Ana  
Nasca – Santa Ana

**ASUNTO:** Análisis químico \*Reconocimiento (Pb, Pb5)

**CONTACTO:** Yon Caceres Thea

**TIPO DE MUESTRA(S):** En pulpa

**CANTIDAD DE MUESTRAS:** 01

**CONDICIONES DE RECEPCIÓN:** En botella de plástico

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 09-03-2024

**FECHA DE REPORTE:** 09-03-2024

**INSTRUCCIONES DE ENSAYO:** Código Pb-ME3, Pb por digestión perclórico – AAS  
Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

### RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-ME3 %	Pb Pb-OX %
000151	1	CABEZA	10.82 0.01	10.50 0.01

*Innovative Technologies*



**Ing. Ingrid Landeo Garay**  
CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.P. Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 665 625  
Móvil: 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

## Anexo ñ. Análisis Químico Multi elemento

Quality Analysis...

**INFORME DE ENSAYO****P24-329**

A SOLICITUD DE:	<b>YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA</b>
POR CUENTA DE:	<b>YUDITH ZAMANTA LLASA MOLLOHUANCA</b>
ASUNTO:	Análisis Químico
CONTACTO:	Srta. LLasa
TIPO DE MUESTRA(S):	Pulpas
CANTIDAD DE MUESTRA(S):	1
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS:	Secas
CONDICIONES DE RECEPCION:	En bolsas de plástico
FECHA DE RECEPCIÓN:	Martes, 12 de Marzo de 2024
FECHA DE EJECUCION DE ENSAYO:	12-03-24 al 14-03-24
FECHA DE REPORTE:	Jueves, 14 de Marzo de 2024
INSTRUCCIONES DE ENSAYO:	Code P Mtra. peso de muestra Code VH-ME-ICP2 Análisis por ICP-OES Agua Regia

TOTAL DE PAGINAS: 11 (Incluida esta)

Los resultados corresponden al ensayo solicitado en la (s) muestra (s) recibida (s)

Los ensayos se realizaron en :  
ACTLABS SKYLINE PERU SAC.  
Calle Martin de Murua N° 170-174  
Urb. Maranga- San Miguel, Lima - Peru

*Innovative Technologies*

Ing. Veronica Caso  
Jefe de Laboratorio  
ACTLABS SKYLINE PERU SAC

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de "Actlabs Skyline Perú S.A.C."  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".



Calle Martín de Murúa N° 170 - 174, Urb. Maranga - San Miguel, Lima - Perú  
Central Telefónica: (51-1) 464 9762 - Móvil: 994 698 219 / 993 301 872 - Correo: comercial@actlabsperu.com - www.actlabsperu.com

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
RESULTADOS								
SIMBOLO DE ANALITO	Wheight.	*Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca
CODIGO DE ANALISIS	P. Mtra.	VH-ME-ICP2						
SIMBOLO DE UNIDAD	g	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%
LIMITE DE TECCION	0.01	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01
000151 CABEZA	235.26	70.4	0.19	111	7988	<0.5	23	3.76

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
RESULTADOS								
SIMBOLO DE ANALITO	Cd	Co	Cr	*Cu	Fe	Ga	Hg	K
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm
LIMITE DE TECCION	1	1	1	0.5	0.01	10	1	0.01
000151 CABEZA	92	4	34	3357	2.57	<10	1	0.06

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
RESULTADOS								
SIMBOLO DE ANALITO	La	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%
LIMITE DETECCION	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01
000151 CABEZA	3.9	0.19	1380	10	0.94	<1	9	0.11

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
RESULTADOS								
SIMBOLO DE ANALITO	Pb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Te
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LIMITE DETECCION	2	0.01	5	0.5	10	10	0.5	10
000151 CABEZA	>10000	0.59	20	<0.5	<10	<10	286.4	13

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS							
RESULTADOS							
SIMBOLO DE ANALITO	Ti	Tl	V	W	Y	Zn	Zr
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2						
SIMBOLO DE UNIDAD	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LIMITE DETECCION	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
000151 CABEZA	<0.01	<2	5	233	1.2	>10000.0	2.7

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
CONTROL DE CALIDAD								
SIMBOLO DE ANALITO	*Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
LIMITE DETECCION	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1
000151 CABEZA	70.4	0.19	111	7988	<0.5	23	3.76	92
000151 CABEZA DUPLICADO	72.5	0.19	105	7966	<0.5	23	3.77	93

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
CONTROL DE CALIDAD								
SIMBOLO DE ANALITO	Co	Cr	*Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm
LIMITE DETECCION	1	1	0.5	0.01	10	1	0.01	0.5
000151 CABEZA	4	34	3357	2.57	<10	1	0.06	3.9
000151 CABEZA DUPLICADO	4	35	3350.1	2.58	<10	1	0.06	4

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
CONTROL DE CALIDAD								
SIMBOLO DE ANALITO	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm
LIMITE DETECCION	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2
000151 CABEZA	0.19	1380	10	0.94	<1	9	0.11	>10000
000151 CABEZA DUPLICADO	0.19	1387	10	0.93	1	9	0.11	>10000

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS								
CONTROL DE CALIDAD								
SIMBOLO DE ANALITO	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Ti
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2							
SIMBOLO DE UNIDAD	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
LIMITE DETECCION	0.01	5	0.5	10	10	0.5	10	0.01
000151 CABEZA	0.59	20	>0.5	<10	<10	286.4	13	<0.01
000151 CABEZA DUPLICADO	0.59	18	>0.5	<10	<10	288.8	12	<0.01

ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS						
CONTROL DE CALIDAD						
SIMBOLO DE ANALITO	Ti	V	W	Y	Zn	Zr
CODIGO DE ANALISIS	VH-ME-ICP2	VH-ME-ICP2	VH-ME-ICP2	VH-ME-ICP2	VH-ME-ICP2	VH-ME-ICP2
SIMBOLO DE UNIDAD	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LIMITE DETECCION	2	2	10	0.5	0.5	0.5
000151 CABEZA	<2	5	233	1.2	>10000.0	2.7
000151 CABEZA DUPLICADO	<2	5	230	1.3	>10000.0	2.8

Quality Analysis...



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15681-11

A SOLICITUD DE: HUILICA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILICA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilica Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OK %
003488-1	1	CONCENTRADO 1	24.28

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034



## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15688-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

### RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OX %
003488-B	1	RELAVE L	7.67

*Innovative Technologies*

Ing. Ingrid Landeo Goray

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mta. 20 Lote 11 C.R. Pachacutic, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 885 625  
Móvil: 974 353 366 / 996 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-12620-08

A SOLICITUD DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

POR CUENTA DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Darwin Huilca Diaz

TIPO DE MUESTRA(S): Granulado

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-08-2024

FECHA DE REPORTE: 13-08-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-CX %
002080-5	1	CONCENTRADO 70% - M 200TY (2)	0.01 33.59

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mca. 29 lote 11 C.P. Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15689-11

A SOLICITUD DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilica Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OX %
003488-9	1	RELAVE 2	6.50

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 20 Lote 11 C.R. Pachacutic, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 609 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com



## INFORME DE ENSAYO

AQ24-14529-10

A SOLICITUD DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

POR CUENTA DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb

CONTACTO: Huilca Díaz Jose Luis

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 11-10-2024

FECHA DE REPORTE: 11-10-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-ME3, Pb por digestión perclórico - AAS

### RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-ME3 % 0.01
002978-1	1	CONCENTRADO C - 3	27.65

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.P. Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (04) 605 635  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-14531-10

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb

CONTACTO: Huílca Díaz Jose Luis

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 11-10-2024

FECHA DE REPORTE: *analysis...* 11-10-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-ME3, Pb por digestión perclórico – AAS

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-ME3 %
002978-3	1	RELAVE R - 3	6.85

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachacutic, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil: 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-14530-10

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb

CONTACTO: Huilca Díaz Jose Luis

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 11-10-2024

FECHA DE REPORTE: 11-10-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-ME3, Pb por digestión perclórico – AAS

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-ME3 %
002978-2	1	CONCENTRADO C - 4	27.16

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 lote 11 C.P. Pacharotec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
 Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-14533-10

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Nasca  
Nasca

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb

CONTACTO: Huilca Diaz Jose Luis

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 11-10-2024

FECHA DE REPORTE: 11-10-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-ME3, Pb por digestión perclórico – AAS

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-ME3 %
002978-4	1	RELAVE R - 4	6.31

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mts. 29 Lote 11 C.R. Pachacotec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (04) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 996 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technology

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15682-11

A SOLICITUD DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-2	1	CONCENTRADO 5	18.89

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pacharutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (04) 665 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15690-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OX %
003488-10	1	RELAVE 3	4.44

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pacharubac, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 085 625  
Móvil 974 353 366 / 990 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15683-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OK %
003488-3	1	CONCENTRADO 6	21.30

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachacuter, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (054) 665 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technology

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15691-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-11	1	RELAVE 6	3.54

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pacharutic, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 995 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technology

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-12616-08

A SOLICITUD DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

POR CUENTA DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Darwin Huilca Díaz

TIPO DE MUESTRA[S]: Granulado

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-08-2024

FECHA DE REPORTE: 13-08-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OK %
002080-1	1	CONCENTRADO 60% -M 200TY (7)	46.31

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachazates, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (054) 665 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-12617-08

A SOLICITUD DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

POR CUENTA DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb5

CONTACTO: Darwin Huilca Diaz

TIPO DE MUESTRA(S): Granulado

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-08-2024

FECHA DE REPORTE: 13-08-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-CX %
002080-2	1	RELAVE 60% - M 200TY (7)	6.48

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 25 lote 11 C/R Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 996 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15684-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-4	1	CONCENTRADO S	14.27

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mex. 29 lote 11 CJR Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15692-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OX % 0.01
003488-12	1	RELAVE 8	3.08

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachacutic, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15685-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-5	1	CONCENTRADO 9	27.53

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mex. 20 lote 11 C.R. Pashazotec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil: 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15693-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-13	1	RELAVE 9	2.66

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (04) 685 625  
 Móvil: 974 353 366 / 995 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technology

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-12621-08

A SOLICITUD DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

POR CUENTA DE: DARWIN HUILCA DIAZ  
Cusco  
Cusco

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento Pb5

CONTACTO: Darwin Huilca Díaz

TIPO DE MUESTRA(S): Granulado

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-08-2024

FECHA DE REPORTE: 13-08-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OK %
002080-6	1	CONCENTRADO PRUEBA INTERMEDIA (10)	32.67

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.P. Pacharotec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15694-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \*Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Analito Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OX %
003488-14	1	RELAVE 10	2.69

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.P. Pachacutec, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 085 625  
Móvil 974 353 866 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technology

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15687-11

A SOLICITUD DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huilca Diaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico – cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análisis Código de Análisis Símbolo de Unidad Limite Detección	Pb Pb-OK %
003488-7	1	CONCENTRADO 11	29.14

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 29 Lote 11 C.R. Pachacuti, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (54) 605 625  
 Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo: arequipa@actlabsperu.com

Quality Analysis



Innovative Technologies

## INFORME DE ENSAYO

AQ24-15695-11

A SOLICITUD DE: HUILLLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

POR CUENTA DE: HUILLLCA DIAZ DARWIN  
Chumbivilcas  
Chumbivilcas

ASUNTO: Análisis químico \* Reconocimiento PbS

CONTACTO: Huillica Díaz Darwin

TIPO DE MUESTRA(S): En polvo

CANTIDAD DE MUESTRAS: 01

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: En bolsa de plástico - cerrado con nudo

FECHA DE RECEPCIÓN: 12-11-2024

FECHA DE REPORTE: 13-11-2024

INSTRUCCIONES DE ENSAYO: Código Pb-Óxido, análisis de óxido de Plomo

## RESULTADOS

Código interno	ITEM	Símbolo de Análito Código de Análisis Símbolo de Unidad Límite Detección	Pb Pb-OX % 0.01
003488-15	1	RELAVE 11	2.85

Innovative Technologies

Ing. Ingrid Landeo Garay

CIP 94034

[www.actlabsperu.com](http://www.actlabsperu.com)

Mza. 2B Lote 11 C.R. Pacharotie, Urb. Cerro Colorado - Arequipa / Central Telefónica (04) 605 625  
Móvil 974 353 366 / 956 240 326 / Correo arequipa@actlabsperu.com