

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**METALÚRGICA**



**T E S I S**

**Dosificación de reactivos (colectores) y comparación de resultados metalúrgicos  
en Volcan Compañía Minera – Yauli – Junin - 2020**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Metalurgista**

**Autor: Bach. David Arturo LOPEZ TICSE**

**Asesor: Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN**

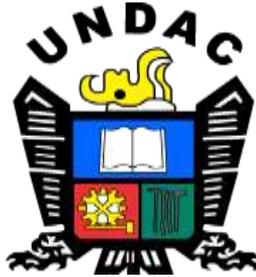
**Cerro de Pasco - Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**METALÚRGICA**



**T E S I S**

**Dosificación de reactivos (colectores) y comparación de resultados metalúrgicos  
en Volcan Compañía Minera – Yauli – Junin - 2020**

**Sustentada y aprobada ante los miembros de jurado:**

---

Mg. José Elí CASTILLO MONTALVAN

PRESIDENTE

---

Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO

MIEMBRO

---

Mg. Jonás Ananías RAMOS MARTINEZ

MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser la razón de nuestras vidas, a mis padres por el apoyo desinteresado en brindarme para ser un profesional

## **AGRADECIMIENTO**

Va mis sinceros agradecimientos de inmensa gratitud a mis familiares quienes me brindaron todo su apoyo desinteresado hasta lograr el objetivo principal de ser un profesional.

Expreso también mis agradecimientos a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica, por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos en mi formación profesional.

Asimismo, deseo expresar mis agradecimientos de gratitud al personal profesional, empleados y obrero de Volcan Compañía Minera de sus plantas concentradoras de Marh Túnel, Andaychagua y Victoria; quienes apoyaron en hacer realidad el presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta tiene como el objetivo principal realizar la dosificación de reactivos (colectores) y la comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera – Yauli en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria. Teniendo como tipo de investigación la cuasiexperimental donde se mantiene constante las variables mientras se va estudiando uno de ellos, el método de investigación es la aplicada empírica y el diseño de investigación es la experimental, se ha obtenido muestras de mineral de las empresas comprometidas en el estudio haciendo un compósito en dada una de ella y diseñar una dosificación de reactivos (colectores) con la finalidad de usar el mismo colector en las tres plantas concentradoras. Los resultados obtenidos de la prueba con A-3418 y D-468 se logra mejorar el performance metalúrgico de zinc, se elimina la lechada de cal en su totalidad, considerando que es un insumo químico fiscalizado. Se ha evaluado el reemplazo del Xantato Z-11 por el reactivo A-3418 y D-468 en la flotación de zinc a nivel industrial, el uso de este reactivo también permite la eliminación de la cal de todo el circuito de zinc al 100%, incluida las limpiezas.

En el trabajo de investigación se ha tenido en cuenta el factor metalúrgico positivo en cada una de las plantas en estudio en el cual los colectores A-3418, D-468, D-571, D-527E y X-231, alimentadas en las plantas concentradoras de Marh Tunel, Andaychagua y La Victoria se encontró que el reactivo A-3418 es el que dio mejores resultados según el factor metalúrgico favorable.

**Palabra clave:** Dosificación de reactivos - Factor metalúrgico favorable

## **ABSTRACT**

The main objective of the research work that is presented is to carry out the dosage of reagents (collectors) and to compare the metallurgical results in Volcan Compani Minera Yauli in its operating units of Marth Túnel, Andaychagua and the Victoria. Having as a type of research the quasi experimental where the variables are kept constant while one of them is being studied, the research method is the applied empirical one and the research design is the experimental one, mineral samples have been obtained from the companies involved in the study making a composite in a given one of them and designing a dosage of reagents (collectors) in order to use the same collector in the three concentrator plants. The results obtained from the test with A-3418 and D-468 improve the metallurgical performance of zinc, eliminating the milk of lime in its entirety, considering that it is a controlled chemical input. The replacement of Xanthate Z-11 by reagent A-3418 and D-468 in zinc flotation at an industrial level has been evaluated. The use of this reagent also allows the elimination of lime from the entire zinc circuit at 100 %, including cleaning.

In the research work, the positive metallurgical factor has been taken into account in each of the plants under study in which the collectors A-3418, D-468, D-571, D-527E and A-231, fed at the concentrator plants of Marh Túnel, Andaychagua and the Victoria, it was found that reagent A-3418 is the one that gave the best results according to the favorable metallurgical factor.

**Keyword: Reagent Dosing – Favorable Metallurgical Factor**

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación realizada en la provincia de Yauli de la región Junín, en las plantas concentradoras de Marh Tunel, Andaychagua y La Victoria, ha tenido la intención de hacer pruebas metalúrgicas con el uso de reactivos A-3418, D-468, C-571, C-527E y A-231, con la finalidad de usar los mismos reactivos en todas las plantas concentradoras ya que la mena tratada es similar en las tres plantas teniendo como diferencia la ley de cabeza que es producto de la dilución en su explotación.

Se ha tomado muestras en diferentes días en cada una de las unidades operativas haciendo un compósito para luego hacer las pruebas metalúrgicas de dosificación y recuperación obtenido resultados que con el Factor Metalúrgico favorable se ha tenido que seleccionar al que ha tenido una buena performance.

El trabajo de investigación realizada se presenta en un formato donde se incluye lo siguiente:

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

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

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

Capítulo IV. Resultados y Discusión: Descripción del trabajo de campo, Presentación, análisis e interpretación de resultados, Prueba de hipótesis, Discusión de resultados.

Las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## INDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**INDICE**

### **CAPÍTULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Problema General.....	3
1.3.2. Problemas Específicos .....	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO .....	6
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS .....	8

2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	32
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	33
2.4.1.	Hipótesis General.....	33
2.4.2.	Hipótesis Específicas .....	33
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	34
2.6.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	36
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	37
3.7.	SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	48
3.8.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	49
3.9.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	51
3.10.	ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA.....	51

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	52
4.2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	53
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	56
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	61

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Volcan Compañía de Minas tiene varias subsidiarias que se dedican a la exploración, explotación y tratamiento de los minerales que son parte de sus denuncios mineros, dichos denuncios están en la Región Junín, provincia de Yauli teniendo tres plantas concentradoras que son: La Victoria, Mahr Túnel y Andaychagua y en cada una de ellas se viene utilizando diversos reactivos de flotación lo cual hace que la empresa minera incremente sus costos al adquirir los reactivos para cada planta.

Al hacer el seguimiento del tipo de mineral encontramos que las tres plantas concentradoras presentan la misma franja mineralizada que están ubicadas en el mismo azimut, es decir la veta principal tiene la misma dirección, lo que varía es la dilución ya que la veta en algunos momentos se reduce o se incrementa.

La investigación realizada es el uso de los colectores y depresores en las tres plantas concentradoras, así mismo se ha controlado el pH en cada planta, el tamaño de partículas para determinar el área superficial.

El problema principal es determinar si es o no posible utilizar el mismo reactivo en las tres plantas antes anunciadas y de esa manera adquirir en mayor volumen y ser distribuidas en cada una de ellas para reducir los costos operativos en la adquisición de los reactivos.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El trabajo de investigación nominada dosificación de reactivos (colectores) y comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera en sus Unidades La Victoria, Marh Túnel, Andaychagua presenta como delimitación:

### **a) Delimitación geográfica.**

La investigación se desarrolló en las instalaciones de las plantas concentradoras de La Victoria, Marh Túnel, Andaychagua todas ellas en la provincia de Yauli de la Región Junín, en los ambientes del laboratorio químico – metalúrgico. Los minerales obtenidos en la planta han sido reportados por el departamento de geología quienes hacen la exploración de los minerales existentes en la mina

### **b) Delimitación de la población**

Volcan Compañía Minera tiene sus centros de operaciones de exploración, explotación y tratamiento de sus minerales en cada una de las mencionadas anteriormente y de acuerdo a su memoria anual da a conocer sus reservas probadas y probables que son explotadas ahí encontramos los minerales polimetálicos.

### **c) Delimitación del tiempo**

La investigación se llevó a cabo en un tiempo de seis meses, que se inicia en 2 de julio del 2020 hasta el 31 de diciembre del 2020. Para llevar a cabo la investigación se hizo un cronograma de actividades tomando en cuenta la

dosificación de los reactivos (colectores) para determinar el uso del mismo reactivo encada planta concentradora.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo se mejorará la dosificación de reactivos (colectores) y la comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera – Yauli en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria?

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cómo realizar la dosificación de reactivos (colectores) y la comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera – Yauli en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Qué colectores se van a dosificar para realizar la comparación de resultados en Volcán Compañía Minera en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria?
- b) ¿Cuál será la dosificación de los reactivos para realizar la comparación de resultados en Volcan Compañía Minera en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar la dosificación de reactivos (colectores) y realizar la comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera – Yauli en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Identificar los colectores se van a dosificar para realizar la comparación de resultados en Volcan Compañía Minera en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria.
- b) Determinar la dosificación de los reactivos para realizar la comparación de resultados en Volcan Compañía Minera en sus unidades operativas de Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

- a) Justificación teórica

La investigación realizada es a nivel de laboratorio en el que se ha demostrado que un tratamiento metalúrgico del mineral es necesario la adición de reactivos de flotación en especial el colector, para poder uniformizar su uso en las tres plantas concentradoras que pertenecen a Volcan Compañía Minera en la provincia de Yauli

- b) Justificación practica

El trabajo de investigación se ha llevado a nivel bach en el laboratorio químico - metalúrgico, en cada planta concentradora con el fin de realizar dosificación de un colector para la flotación de minerales polimetálicos, que se presenta en cada unidad operativa.

- c) Justificación metodológica

La metodología que se adapta al trabajo de tesis es la **aplicada** y **cuantitativa**, porque se relaciona con el trabajo practico en el laboratorio con la finalidad de recuperar el concentrado de cobre de un mineral polimetálico entre ellos el cobre arsenical. El tipo de investigación planteada sería la **cuasi**

**experimental** por desarrollarse a nivel de laboratorio y el diseño podría sustentarse en la **explicación**

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La presente investigación presenta como limitaciones teóricas debido a que los reactivos empleados son muestras que las empresas de reactivos nos alcanzaron a cada laboratorio para las corridas de pruebas, se hizo la primera, segunda y tercera reunión para analizar primeramente el tipo de mineral, así como también la granulometría el análisis químico de las muestras que se van a emplear. Por otro lado, presenta como limitante los equipos y materiales que no son calibrados ya que los laboratorios en las unidades son laboratorios para el seguimiento de las operaciones más no para realizar investigaciones que conlleven a tener una certeza del 99,999 %.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

ALVARADO DÁVILA Carlos Manuel (2016), En su tesis intitulada da a conocer la “Influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L.” en su resumen detalla: Se estudió la influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico, del nivel 2 de la veta murciélago de la empresa Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L. El estudio experimental se realizó en una celda de flotación de laboratorio, modelo Denver D-12, utilizando mineral con una granulometría 60% -200 mallas con una ley de 4,48% de plomo y 14,82% de Zinc. El resultado del estudio de la flotación concluyó que, la recuperación de plomo sin uso de colectores es de 32,29 % y con la dosificación de los dos colectores, la recuperación es de 50,29 %. Para la recuperación de zinc sin uso de colectores es de 49,38 % y con la dosificación de los dos colectores la recuperación es de 56,50%.

Los resultados son confirmados mediante análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%. De esto se concluye que la recuperación de plomo por la influencia del colector AP-3418 es de  $F_0 = 179,59$  es mayor al  $F_{0.05;2;18} = 3,55$ , y la influencia del colector AR-404 es de  $F_0 = 622,69$  es mayor al  $F_{0.05;2;18} = 3,55$  y con la influencia de los colectores AP-3418 y AR-404 es de  $F_0 = 70,87$  es mayor al  $F_{0.05;4;18} = 2,93$ , obtenido de manera tabular. Esto confirma la aceptación de la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de plomo. Los resultados son confirmados mediante análisis de varianza para un nivel de confianza de 95%. De esto se concluye que la recuperación de zinc por la influencia del colector AP-3418 es de  $F_0 = 123,46$  es mayor al  $F_{0.05;2;18} = 3,55$ , y la influencia del colector AR-404 es de  $F_0 = 312,89$  es mayor al  $F_{0.05;2;18} = 3,55$  y con la influencia de los colectores AP-3418 y AR-404 es de  $F_0 = 492,51$  es mayor al  $F_{0.05;4;18} = 2,93$ , obtenido de manera tabular. Esto confirma la aceptación de la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de zinc.

GAVANCHO VALDERRAMA, Junior David y JIMENEZ CARHUAMACA, Frank Osman (2018). En su tesis “Optimización del circuito de flotación de Pb-Ag modificando la concentración del colector AP-3418 en la planta concentradora Lincuna” (2018). Plantean que en la actualidad las estrategias de mejora sobre un proceso, nos conllevan a analizar el total de los procesos como la suma de cada uno de esos procesos, como dice la suma de todo es mayor que las partes, el factor organización para modificar dentro del proceso un reactivo es muy interesante y un logro que muchas empresas no corren el riesgo. Al analizar los procesos en especial énfasis el balance metalúrgico es aceptable ya que se cumplen

con lo programado del mes que es de una calidad de 60% en el Pb y 45\$ en el Zn. En función a las recuperaciones son las programadas en la Ag es de 87,5% en el Pb es de 92% y en el Zn es de 85%. Con el siguiente detalle vemos que el siguiente trabajo de investigación contribuirá a la mejora en los procesos y redundará en el bienestar de la empresa.

## **2.2. Bases teóricas – Científicas**

### **2.2.1. Flotación de minerales sulfurados**

Mediante 911 Metallurgical (2019. Pp. 45) define a: La flotación es un proceso selectivo que se emplea para llevar a cabo separaciones específicas de minerales complejos, basándose en las diferentes propiedades superficiales de cada uno de ellos. Es el método de procesamiento de minerales más eficaz y con mayores aplicaciones de todos los existentes, aunque en muchos aspectos, es el más complejo de ellos. De las tres alternativas iniciales: flotación con aceite, por película o con espuma, ésta última es la que se ha impuesto y ha alcanzado un notable desarrollo. Esta técnica se fundamenta en la adhesión selectiva de los minerales en el seno de una pulpa acuosa a unas burbujas de aire que se introducen en ella. Los minerales adheridos a las burbujas se separan en forma de espuma mineralizada constituyendo el concentrado, mientras que los demás se quedan en la pulpa y constituyen el estéril. Los antecedentes históricos del proceso se remontan a los inicios de la historia.

En este método de separación los reactivos son el componente y la variable más importante, ya que el número de especies de flotabilidad natural es tan reducido: talco, azufre, grafito, molibdenita y pocos más, y su importancia comercial tan reducida que se puede afirmar que la flotación industrial moderna no se podría efectuar sin reactivos. La flotabilidad natural depende de la polaridad.

Un elemento tan importante del proceso influye con gran sensibilidad, ya que no solo tiene repercusión el tipo de reactivo, sino también su combinación, dosis, forma y orden de adición.

### **2.2.2. Tipos de reactivos**

De acuerdo a la Dow Chemical (2008) la clasificación moderna divide a los reactivos en función del papel que desarrollan en el proceso:

**COLECTORES:** Proporcionan características hidrofóbicas a los minerales.

**MODIFICADORES:** Regulan las condiciones de funcionamiento de los colectores.

**ESPUMANTES:** Permiten la formación de una espuma estable.

#### **2.2.2.1 Colectores**

Dow Chemical (2008) manifiesta que es un grupo grande de reactivos orgánicos de composiciones diversas. Su misión es la hidrofobización selectiva de las superficies minerales, creando condiciones favorables a su adherencia a las burbujas de aire, disminuyendo la humectación, aumentando el ángulo de contacto con las burbujas. Por su capacidad de disociación en la pulpa, los colectores se dividen en dos grupos: ionizables - ionogenos: Se disocian en iones no ionizables - no ionogenos: Actúan de forma molecular. Además, dependiendo de si la parte activa es anión o catión, los colectores ionógenos se subdividen en: aniónicos y catiónicos

Los aniónicos en función de su estructura química se dividen en:

Tipo oxidrilo: Ácidos grasos, Jabones, Alquilsulfatos

Tipo sulfhidrilo: Xantatos, Ditiolfosfatos, otros.

Los catiónicos están representados por las aminas y los derivados amínicos. Los no ionógenos son hidrocarburos y aceites hidrocarbonados.

En los **Aniónicos del Tipo sulfhidrilo xantatos**. Que son los xantatos son sales sódicas o potásicas del ácido xántico o xantogénico.

Este grupo de reactivos tiene una gran difusión debido a su bajo coste, sus fuertes propiedades colectoras y su alta selectividad.

Son apropiados para la colección de sulfuros, minerales nativos y minerales oxidados previamente sulfurados.

Se deben emplear en circuitos neutros o alcalinos ya que en medio ácido sufren hidrólisis. Se ha comprobado que las propiedades hidrofobizantes de los xantatos aumentan con la longitud de la cadena hidrocarbonada y con la ramificación. En la práctica se emplean en dosis que van desde los 5 a los 100 g/t.

Los **ditiofosfatos**. Son ésteres secundarios del ácido ditiofosfórico y se obtienen al hacer reaccionar pentasulfuro de fósforo con alcoholes. Estos compuestos fueron desarrollados inicialmente por American Cyanamid que les dio el nombre comercial de aerofloats, que es como habitualmente se les conoce.

Los ditiofosfatos son colectores de menor poder que los xantatos por lo que se deben emplear dosis mayores que en el caso de los xantatos. Son más solubles en agua que los xantatos por lo que los depresores les afectan en mayor grado que a aquellos, lo que explica su difusión en la flotación global. Son menos susceptibles a la hidrólisis que los xantatos, lo que permite su actuación en medio ligeramente ácido.

Los **tioles**. Son útiles para la flotación de sulfuros de cobre y de cinc, así como para especies oxidadas. Su utilización está restringida por su desagradable olor.

Así mismo los **ditiocarbamatos**, compiten con los xantatos en cuanto a sus propiedades colectoras pero su precio más elevado les hace perder competitividad con aquellos.

Por otro lado, los **difeniltiourea o tiocarbamilida** tienen su propiedad más destacable es la de ser un excelente colector para la galena y no hidrofobizar la superficie de la pirita.

En cambio, los **oxidrilos carboxílicos** en este grupo se encuentran los ácidos grasos y sus sales, los jabones. Históricamente han jugado un papel importante en flotación debido a sus fuertes propiedades colectoras, pero su poca selectividad impide una eficaz separación, lo que ha ocasionado un gradual y casi absoluto reemplazo por los colectores sulfídricos, quedando su utilización reducida para el caso de minerales oxidados y no metálicos.

Los **sulfatos y sulfonatos** que se presentan en este grupo de reactivos se obtienen por sulfonación o sulfatación de alcoholes. Se emplean para la flotación selectiva de óxidos y sales. Conviene destacar que estos reactivos tienen propiedades espumantes, lo que supone una ventaja por una parte y un inconveniente por otra.

En los **catiónicos** podemos decir que este grupo de reactivos está constituido por aminas y derivados amínicos. Estos colectores se caracterizan por su fácil adsorción y desorción, como consecuencia de una actuación debida a un mecanismo de atracción electrostático. En general son menos selectivos que los aniónicos, aunque en ciertas flotaciones específicas como la flotación de cuarzo, silicatos y algunos minerales oxidados son mucho más efectivos que los aniónicos. Presentan además la

ventaja de no ser muy sensibles a la presencia de iones extraños en la pulpa, por lo que son válidos en tratamientos con agua excesivamente dura. Por otra parte, tampoco son muy sensibles a las variaciones de pH.

Referente a los **no ionizables**, en la flotación de minerales hidrofóbicos como el carbón, grafito, azufre o molibdenita tienen importancia los colectores no ionizables como el keroseno, hidrocarburos o aceites hidrocarbonados que no posean grupos polares. Estos reactivos son fuertemente hidrofóbicos y debido a la ausencia de grupos polares no tienen medios propios para adsorberse sobre las superficies minerales por lo que deben ser adicionados en combinación con otros compuestos orgánicos de carácter heteropolar. Utilizan por tanto un mecanismo que podríamos definir como de co-adsorción. Debido a su insolubilidad en agua, la distribución de estos colectores ofrece dificultades, por lo que precisan medios mecánicos para su mejor distribución. Por último, conviene resaltar que debido a su efecto negativo sobre la espuma hay que tener especial cuidado con la presencia incontrolada de los mismos ya que pueden ocasionar trastornos graves en la espumación.

#### **2.2.2.2 Mecanismo de la colección**

Según Dow Chemical (2008) Un estudio sobre los colectores no quedaría completo sin referirse a su modo de fijación sobre las superficies de los minerales.

Sobre este punto han surgido una serie de dudas centradas en las siguientes cuestiones:

¿Cuál es la orientación del colector en la superficie del mineral?

¿Cuál es el mecanismo de la fijación?

¿Cuál es la densidad de la película colectora?

El punto menos discutido y más evidente es el de la orientación. Parece obvio que el colector se orientará con toda seguridad de modo que su parte apolar o su grupo hidrófobo se oriente hacia el agua. Con respecto al mecanismo de la fijación, no existe una opinión uniforme al respecto y se admiten dos teorías como probables: una química, que atribuye la fijación del colector a una reacción de intercambio iónico, y otra física, de adsorción, que explica la fijación en base a un mecanismo molecular.

Como defensores de la primera teoría podemos citar a Taggart y sus colaboradores, que afirman que los colectores, al disolverse en agua, reaccionan químicamente con las superficies de los minerales formando compuestos insolubles que se depositan sobre ellas hidrofobizándolas y haciéndolas susceptibles a la flotación.

Taggart (1990) afirma que, los colectores reaccionan en la pulpa del mismo modo como lo haría cualquier reactivo químico disociado en agua y puesto en contacto con otro reactivo soluble. Como confirmación experimental de esta teoría podemos citar el hecho de que al tratar sulfuros metálicos con xantatos alcalinos, y tras analizar concentrado y estéril se comprueba que en el primero se encuentra más del 95% de la forma aniónica del colector, mientras que en el estéril aparece el 95% del catión alcalino. Igualmente se ha comprobado que la fijación del xantato va acompañada con la producción estequiométrica de iones sulfito o sulfato. Ello puede indicar que el reemplazo del anión en la red cristalina, no se efectúa por la acción directa del xantato sino que primeramente ocurre una oxidación parcial de la superficie transformándose el sulfuro en sulfito o

sulfato y serían éstos los aniones reemplazados por el xantato. Como confirmación de lo anteriormente expuesto podemos decir, por ejemplo, que la galena pura, inoxidable no flota, lo que se explica ya que el sulfuro de plomo no es soluble en agua y por lo tanto no puede reaccionar con el xantato. Los partidarios de la teoría física admiten la posibilidad de que parte del mineral disuelto pueda reaccionar en el agua con el colector y que el producto de la reacción se fije posteriormente a la superficie del mineral de forma distinta a un intercambio iónico, por ejemplo, por adsorción.

Esta hipótesis tiene mayor significado en el caso de los colectores catiónicos, donde se ha visto la posibilidad de reacciones reversibles, más propias de procesos de adsorción física. En general, se considera que los minerales con cristales de estructura atómica favorecen la colección por adsorción física, mientras que los minerales con estructura iónica favorecen la fijación por intercambio iónico. Con respecto al tercer punto, consistente en conocer la cantidad de colector necesaria para conseguir una flotación satisfactoria, históricamente ha sido uno de los más importantes del proceso. Recordemos, por ejemplo, que en el proceso bulk-oil la cantidad de aceite utilizado era de una tonelada por tonelada de mineral, mientras que en la actualidad con los reactivos sintéticos hemos llegado a utilizar dosis inferiores a los 20 g/t. Esta impresionante trayectoria sugiere alguna pregunta como:

¿Es posible disminuir más la dosis de colector? y en general.

¿Cuál es el criterio científico en la dosificación de colectores?

El mayor obstáculo para responder a estas preguntas ha sido el limitado conocimiento del mecanismo de la flotación, ya que este desconocimiento origina otras dudas:

¿Es necesario que las moléculas de colector recubran totalmente la superficie del mineral?

¿Es útil que se formen dos o tres películas simultáneamente?

Se ha comprobado experimentalmente que la práctica totalidad del colector aparece en el concentrado, lo que evidencia que los minerales de la ganga no participan en el consumo del mismo, por lo que la cantidad necesaria es función exclusivamente de la concentración de especies útiles.

Por otra parte, el recubrimiento que requiere cada mineral para flotar es una peculiaridad en cada caso, ya que varía en función de consideraciones de tipo estructural, estado de la superficie.

Como regla general se puede afirmar que se produce un aumento del ángulo de contacto y por consiguiente de recuperación, con el aumento de la concentración de colector hasta que se produce el recubrimiento completo con una película monomolecular en torno al mineral, a partir de ese punto, un aumento en la dosificación ocasiona, normalmente, efectos negativos, explicándose al considerar que la segunda capa de colector se dirige con su parte apolar hacia la anterior y con su parte polar hacia el agua, con lo que el mineral se vuelve más mojable.

### **2.2.2.3 Modificadores**

Al revisar a Dow Chemical (2009) dice que la función específica de los reactivos modificadores es preparar las superficies minerales para la adsorción o desorción de un determinado reactivo sobre ellas y crear en la

pulpa las condiciones propicias para realizar una buena flotación.

Tradicionalmente los modificadores se clasifican en:

- a) **Modificadores del medio o de pH**, que controlan la concentración iónica de las pulpas y sus reacciones a través de la acidez o basicidad.
- b) **Activantes**, que fomentan las propiedades hidrofóbicas de los minerales y aumentan su flotabilidad.
- c) **Depresores**, que hidrofilizan las superficies minerales e impiden su flotación.

**Que está interpretado de la siguiente manera:**

- a) **Modificadores del medio o de pH:** El pH de una pulpa tiene gran importancia en la flotación, ya que los iones  $H^+$  y  $OH^-$  compiten con otros iones en alcanzar las superficies de los minerales y, además, su concentración influye en la disociación de las sales y en los intercambios iónicos. Es importante además tener en cuenta los efectos de hidrólisis que pueden sufrir algunos reactivos en función de la acidez del medio, por ejemplo, los xantatos pierden actividad en circuitos ácidos. Las aminas dan los mejores resultados en circuitos medianamente alcalinos y en circuitos de alta alcalinidad su poder colector disminuye notablemente. En el caso de los ácidos grasos, su actividad se favorece en pulpas alcalinas ya que de este modo se favorece la formación de jabones en la superficie mineral. De forma general debemos reconocer que el circuito alcalino es más empleado que el ácido, entre otros motivos porque los reactivos suelen ser más estables y las sales de los iones pesados precipitan eliminándose de la pulpa. Para producir el pH necesario en los circuitos industriales se

recurre a ácidos y bases de bajo coste, por lo que habitualmente se utilizan: **Cal, Hidróxido de sodio, carbonato de sodio y Ácido sulfúrico.**

**b) Activantes:** Los reactivos de este tipo sirven para aumentar la adsorción de los colectores o para fortalecer el enlace entre el colector y la superficie mineral. Hay distintas maneras de actuar sobre una superficie:

- ✓ Renovando o limpiando la superficie del mineral afectada por un proceso secundario como es la oxidación o la adhesión de lamas.
- ✓ Formando en la superficie una capa particularmente favorable para la adsorción del colector.
- ✓ Reemplazando en la red cristalina algunos iones metálicos por otros que forman uniones más firmes con los colectores.

**Ejemplos:**

1. Limpieza de las superficies de sulfuros de Fe, Cu y Zn con Ácido Sulfúrico.
2. Sulfidización de las superficies de los óxidos.
3. Activación de la superficie de la esfalerita por ion Cu.

**c) Depresores:** La función específica de los depresores es la de disminuir la flotabilidad de un mineral haciendo su superficie más hidrofílica o impidiendo la adsorción de colectores que puedan hidrofilarla.

Hay varias formas de conseguirlo:

- ✓ Introduciendo en la pulpa un ion que compita con el colector por alcanzar la superficie del mineral.
- ✓ Neutralización química y eliminación del colector.

- ✓ Añadiendo sustancias que generan grupos hidrofílicos que una vez que alcanzan la superficie mineral orientan la parte polar hacia el agua.

**Ejemplos:**

1. Depresión de los sulfuros de metales pesados con CN-O-SH  
depresión de galena con dicromato.
2. Actuación de cationes alcalinos y alcalinoterreos que forman precipitados con los ácidos grasos y los xantatos.
3. Sustancias orgánicas de tipo almidón, quebracho, tanino se hidrolizan y se generan múltiples grupos hidrofílicos dirigidos hacia el exterior de las partículas. Sería como un efecto colector a la inversa.
4. Reactivos espumantes La producción de una espuma estable requiere la introducción de agentes orgánicos conocidos como espumantes, que suelen ser sustancias tensoactivas heteropolares que pueden adsorberse en la interfase agua-aire. En los líquidos puros y en el agua, en particular, al hacer pasar aire a través de ellos no se produce espuma. Al agregar pequeñas cantidades de algunos compuestos orgánicos, como por ejemplo alcoholes, la inyección de aire irá acompañada por la formación de burbujas de aire en forma de esferas, que, al ascender a la superficie del líquido, antes de entregar su contenido de aire a la atmósfera, tratarán de detenerse en forma de espuma. El tamaño de las burbujas y su estabilidad dependerán del tipo de espumante empleado, ya que con un aumento de espumante disminuirá el diámetro de las burbujas para producir con la misma

cantidad de aire la mayor superficie de contacto y la estabilidad de la espuma aumentará debido al mayor grosor de la película. Esto sucede hasta un punto, a partir del cual, los efectos se estabilizan, y si se sigue aumentando la dosis de espumante comienzan a aparecer efectos negativos. Los espumantes que se usan en flotación son reactivos orgánicos de carácter heteropolar, por lo tanto, de estructura similar a los colectores, pero mientras estos últimos tienen afinidad por la interfase líquido-sólido, los espumantes la tienen por la líquido-gas. Los agentes más apropiados para realizar la espumación son: Alcoholes alquílicos y arílicos Ácidos carboxílicos Aldehidos, Cetonas Aminas y Nitrilos Clásicamente los más utilizados han sido el aceite de pino, el ácido cresílico y el aceite de eucalipto. Actualmente se comercializan gran cantidad de productos de base glicol conocidos con el nombre de aerofroth y dowfroth. Conviene destacar que los dowfroth no tienen propiedades colectoras, por lo que las funciones colectoras y espumante se pueden regular de manera independiente.

### **2.2.3. Colectores en la flotación**

Al revisar a Dow Chemical (2009) encontramos que la flotación por espuma es el proceso industrial más ampliamente usado para la separación de minerales finamente liberados. El proceso consiste en la aireación de minerales en agua en presencia de reactivos de flotación que facilitan la fijación de las burbujas de aire a minerales seleccionados, así como la levitación de estos. Una vez en la superficie, una capa de espuma sostiene a los minerales

seleccionados hasta que sean retirados. Los materiales no unidos permanecen sumergidos en la pulpa.

Las propiedades de la superficie de un mineral determinan su capacidad de flotación.

Los colectores, algunos de los reactivos de flotación más importantes que se utilizan en el proceso de flotación, se utilizan para modificar las propiedades de la superficie de los minerales. Un colector es un producto químico que se une selectivamente a la superficie de los minerales objetivo e imparte hidrofobicidad a dichas partículas de minerales, una condición necesaria para la fijación de las burbujas de aire.

Los colectores generalmente se pueden clasificar en tres categorías: no iónicos, aniónicos o catiónicos. Los colectores no iónicos son aceites de hidrocarburos simples. Los colectores aniónicos y catiónicos consisten en un componente polar que se une selectivamente a las superficies de los minerales, y un componente no polar que se proyecta hacia afuera en la solución, lo que convierte en hidrófoba a su superficie.

Los colectores pueden unirse químicamente a la superficie del mineral con alta selectividad o mantenerse en la superficie por medio de fuerzas físicas (absorción física). La selección del colector es crítica para la separación eficiente de minerales por medio de la flotación por espuma.

#### **2.2.4. Factor metalúrgico como respuesta**

En el libro de Manzaneda (2000) dice que: Cuando se investiga en flotación a nivel laboratorio y se debe analizar funciones respuestas es corriente hacer la evaluación de las recuperaciones, esto no es siempre

correcto porque es obvio que se pueden lograr muy altas recuperaciones con un grado de concentrado muy bajo y ese no es el mejor evento ni lo que se quiere lograr; en metalurgia todos deseamos lograr las mejores recuperaciones, pero con el mejor grado de concentrado, ese es el óptimo.

Por otro lado, las operaciones de flotación generalmente logran altos grados de concentrado y recuperaciones cuando la ley de cabeza es alta; pero una mejor operación y que debe ser premiada, es aquella donde se obtienen altas recuperaciones y grados comerciales de concentrados con bajas leyes de cabeza.

**Factor metalúrgico (FM)** y que debe quedar como la **multiplicación de grado por recuperación y dividido entre la ley de cabeza**; luego a mayor FM, mejor será la flotación que está ocurriendo; desde luego que este nuevo concepto al resultar de dividir entre la ley de cabeza, el FM incrementara porque recompensa las operaciones de baja ley que obviamente demandan un mayor esfuerzo en las plantas concentradoras de minerales.

Para presentar este nuevo concepto usaremos ejemplos simples y prácticos, comenzamos analizando dos casos de operaciones metalúrgicas, una para producción de Cobre y la otra con producción de Zinc, el cuadro siguiente contiene los datos de grado de concentrado, recuperación y ley de cabeza.

Tabla 1

Grado de concentrado, recuperación y ley de cabeza

Cobre	Mina A	Mina B	Zinc	Mina A	Mina B
% Cu concentrado	29	27	% Zn concentrado	54	56
% Cu Cabeza	1,1	0,6	% Zn Cabeza	8	5,5
% recuperación Cu	90	88	% recuperación Zn	92	89
Factor metalúrgico	<b>2373</b>	<b>3960</b>	Factor metalúrgico	<b>621</b>	<b>906</b>

Nota: Datos proporcionados por el tesista.

En el ejemplo para mineral de Cobre, aparentemente la Mina A es superior porque tiene mejores grado y recuperación y el FM es  $29 \times 90 / 1,1 = 2\ 373$ , pero si calculamos el FM para B este resulta  $27 \times 88 / 0,6 = 3\ 960$ , la diferencia es que B trabaja con menores leyes de cabeza y obviamente con Grado 27% y recuperación 88% hacen una mejor metalurgia que A. Si se diera el caso de que los FM de dos minas sean iguales la propuesta de los metalurgistas es que se divida entre el costo de operación, resultando mejor quien lo haga a menor costo, un criterio y aporte sumamente valioso.

En el ejemplo para mineral de Zinc, la mina A tiene un FM igual a  $54 \times 92 / 8 = 621$ , pero la mina B por lograr concentrados con mayor grado y a menor ley de cabeza obtiene un FM igual a  $56 \times 89 / 5,5 = 906$ ; entonces la Mina B es más eficiente que la Mina A en una relación  $906 / 621 = 1,46$  o 46 % mejor.

## 2.2.5. Colectores dosificados en la investigación (Renasa 2019)

### 2.2.5.1. Aerophine 3418A Promotor

**Descripción del Producto:** Dithiophosphate modificado

**Uso Indicado/Recomendado:** Producto químico

Tabla 2

Ingredientes Peligrosos

Componente /N° CAS	Porcentaje	Símbolos	Riesgos frases
Sulfuro de alquifosfina	0 – 1,6	Xi; N	R:36/38 – 50/53
Diisobutil-ditiofosfinato de sodio 13360-78-6	50 – 52	Xi	R:41-43 – 52/53

Nota: datos obtenidos de Renasa

#### a) Manipulación y Almacenamiento

##### Manipulación

**Precauciones:** La ropa de trabajo contaminada no puede sacarse del lugar de trabajo No depositar en el medio ambiente Usar guantes de protección y equipo para proteger los ojos /la cara.

**Declaración de Manipulación especial:**

Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilice contenedores ni equipo de hierro o aluminio.

### Almacenamiento

Almacenar de conformidad con la normativa local, estatal y federal.

**Temperatura de almacenamiento:** Temperatura ambiente

**Razón:** Calidad.

**Clase de almacenamiento (TRGS 510):** 10

### b) Propiedades físicas y químicas

Tabla 3

Información sobre propiedades Físicas y Químicas básicas

Propiedades físicas	
Color	Descolorido para encender amarillo
Aspecto	Líquido
Olor	Inodoro
pH	9,0 – 11,0
Temperatura de fusión	~ 12 °C) punto de congelación)
Temperatura de ebullición/rango	106 °C
Punto de inflamación	>93 °C Vaso cerrado Pensky-Martens
Índice de evaporación	No aplica
Inflamabilidad (sólido, gas)	No disponible
Límites de Inflamabilidad (%)	No aplica por volumen
Presión de vapor	17,5 mm Hg a 20 °C) Vapor de agua

Densidad de vapor	No aplica
Gravedad específica	1,05 a 25 °C
Solubilidad en el agua	Completo
Coeficiente de reparto n-octanol/agua: no aplicable)	No aplicable
Temperatura de ignición automática (auto)	437 °C
Temperatura de descomposición	>350 °C
Viscosidad (cinemática)	No disponible
Viscosidad (dinámica)	16,6 a 25 °C
OTRAS INFORMACIONES	
Liposolubilidad (disolvente)	No disponible
% Volátil (por peso)	~ 50 (agua)
Contenido de sólidos	No disponible
Saturación en aire (% en volumen)	No aplicable
Índice de acidez (mg KOH/g)	No disponible
Índice de hidróxido (mg KOH/g)	No disponible
Volátiles (1999/13/EC)	No disponible
Constante de disociación	No disponible

Propiedades de exposición	Ninguno
Propiedades oxidantes	No disponible
Granulometría (tamaño de partícula)	No disponible

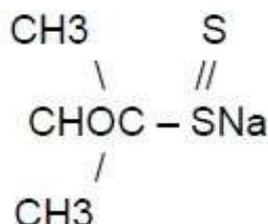
Nota: Dato obtenido de Renasa

### 2.2.5.2. Productos Flottec Xantato Sipx Xantato Isopropílico de Sodio (Z11)

**Nombre Químico:** Xantato Isopropílico de Sodio

**Nombre Comercial:** Flottec SIPX

Formula:



**Propiedades Físicas:** Polvo o pellet soluble en agua, de color ligeramente amarillo o verde amarillo.

**Método de Análisis:** Titulación de Acetato de Plomo

Tabla 4

Especificaciones técnicas del Z-11

Componentes	Especificaciones 1	Resultados de análisis 1	Especificaciones 2	Resultados de análisis 2
Pureza	86,0	86,30	90 % Min.	90,40
Humedad y	10.0 % Max.	8,90	4,0 % Max.	2,9
Volatilidad				0
Álcalis Libres	0,5 % Max	0,04	0,2 % Max.	0,0

Nota: Dato obtenido de Renasa

#### a) Métodos de Adición y Uso

El Xantato SIPX es uno de los colectores más ampliamente usados a nivel mundial para flotar una variedad muy amplia de minerales

sulfurosos, este colector se caracteriza por tener un comportamiento bien equilibrado entre recuperación y selectividad.

El Xantato Isopropílico de Sodio es un colector un poco más enérgico que el Xantato Etilico de Sodio, pero más débil que el Xantato Isobutílico de Sodio y el Amílico de Potasio.

El SIPX se recomienda para flotar cualquier mineral sulfuroso, sin embargo, no es recomendado cuando se buscan altos grados del concentrado final en cuestión. Es muy común que sea empleado en la flotación de Zinc ya que ha demostrado mantener buenas recuperaciones de este elemento, manteniendo una selectividad aceptable contra el fierro cuando el pH se mantiene en un mínimo de 10.

También ha demostrado ser una buena alternativa para la flotación de minerales conteniendo piritas y pirrotitas las cuales eventualmente son auríferas.

El Xantato Isopropílico de Sodio de Flottec (SIPX), es también recomendado para flotar minerales de Cobre-Zinc, Plomo-Zinc, Cobre-Plomo-Zinc, minerales de baja ley y minerales refractarios de baja ley de oro.

El Xantato Isopropílico de Sodio no es recomendado para flotar minerales oxidados o minerales empañados, ya que los resultados metalúrgicos ante estos minerales son muy pobres. Tampoco se recomienda utilizar este tipo de productos a un pH abajo de 6, ya que tiende a descomponerse y consecuentemente a perder efectividad.

La dosificación típica de este producto fluctúa entre 10 y 100 gramos por tonelada de mineral tratado, y la dilución sugerida es de un 5 a un 25% como máximo.

### 2.2.5.3. AMIL XANTATO DE POTASIO (Z6)

Composición/Ingredientes

**Nombre químico:** Amil xantato de potasio

**Formula química:** C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OCS SK

**Familia química:** Derivados orgánicos de ditiocarbomatos

Tabla 5

Propiedades físicas y químicas del Z6

Propiedades físicas y químicas	
Color	Blanco a amarillo
Aspecto	Sólido
Olor	Inodoro
pH	Máx. 0,2 álcali libre
Temperatura de descomposición	Dato no disponible
Temperatura de fusión	~ 12 °C (punto de congelación)
Temperatura de autoignición	No corresponde
Punto de inflamación	No corresponde
Peligros de fuego y explosión	No es inflamable
Solubilidad en agua y otros solventes	No soluble en agua
Presión de vapor 20 °C	No corresponde
Densidad de vapor	No corresponde
Gravedad específica	1,05 a 25 °C

Nota: Dato obtenido de Renasa

Propiedades explosivas: No tiene. Salvo que haya descomposición por exposición a humedad, calor y tiempo excesivo de almacenamiento. En ese caso puede haber desprendimiento de alcohol y de sulfuro de carbono, ambos con posibilidad de formar mezclas explosivas con el aire.

#### a) **Manipulación y almacenamiento**

**Recomendaciones técnicas.** No son necesarios ni un almacenamiento especial ni precauciones especiales para manipular los tambores. Para las soluciones acuosas son satisfactorias las válvulas de fierro estándar.

**Precauciones a tomar.** Debe evitarse el uso de cañerías y válvulas de cobre, latón y zinc. Tampoco se recomienda el uso de agitadores de aire para disolver el producto debido a la oxidación y al olor excesivo.

**Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas.** Ninguna en especial, salvo la de resguardar el producto de contacto con la humedad, aunque ésta provenga del ambiente.

**Condiciones de almacenamiento.** Los tambores deben de almacenarse en un lugar fresco y seco. Si el almacenaje es al aire libre, los tambores deben almacenarse de lado para evitar la acumulación de agua arriba. Los estanques de alimentación para la solución de xantatos deben ser cubiertos y bien ventilados. Se recomienda que estos estanques se limpien de lodos a lo menos una vez al año.

**Embalaje recomendados y no adecuados.** No existen restricciones para los envases en que puede embalsarse el xantato, por tratarse de un producto clasificado como no peligroso.

#### **2.2.5.4. Colector de minerales Danafloat 468**

##### a) **Composición**

**Nombre químico:** s-butyl-dtp-Na y etil-dtp-Na

**Nombre del Servicio de abstractos químicos:** ácido fosforoditioico, O, O-bis (1-metilpropil) éster sal de sodio y ácido fosforoditioico, O, O

dietil éster, sal de sodio Ingredientes activos: 21 a 24% y 21 a 24% por peso respectivamente.

**b) Propiedades físicas**

**Apariencia:** Café claro

**Forma:** Líquido (solución acuosa)

**Punto de ebullición:** 102 grados °C

**Punto de congelamiento:** De menos 8 a menos 10 grados °C

**Peso específico:** 1,14 g/ml

**Punto de ignición:** Ninguno

**c) Aplicación**

Danafloat 468 es una solución acuosa de dialquil ditiofosfatos.

Danafloat 468 es un colector prácticamente sin formación de espuma.

Es un colector rápido y requiere solo un poco tiempo de acondicionamiento, por lo que es útil para etapas de adición.

Se ha encontrado que la mejor aplicación de Danafloat 468 es en la flotación de minerales de oro, plata y cobre, donde se desea una selectividad especial hacia la esfalerita. Está clasificado como un colector eficaz para chalcocita, bornita y covelita. Si el oro se libera de sulfuros y de ganga, Danafloat 468 es el colector más eficaz de oro fino.

Si el oro se produce con asociación con pirita u otros sulfuros, se debe utilizar un colector complementario como por ejemplo xantato.

Danafloat 468 se puede agregar sin diluir, o preferiblemente diluido en agua limpia a una solución del 5 al 20%. Es una buena práctica agitarlo antes de usar.

La dosis de Danafloat 468 varía según el tipo de mineral, por lo general dentro del rango de 5 a 50 gramos por tonelada métrica de mineral.

Danafloat 468 es efectivo para un rango de 4 a 12 de pH.

#### **2.2.5.5. Colector de minerales Danafloat 527E**

##### **a) Composición**

**Nombre químico:** i-butyl-dtp-Na y tionocarbamato.

**Nombre del Servicio de abstractos químicos:** Ácido fosforoditioico, O, O-bis(2-metil-propil) éster, sal de sodio Isopropiletiltiocarbamato.

**Ingredientes activos:** De 39 a 41% y de 18 a 20% por peso respectivamente.

##### **b) Propiedades físicas**

**Apariencia:** Café claro

**Forma:** Líquido (Solución acuosa) Punto de ebullición: 103 grados C

Punto de congelamiento: De menos 6 a menos 8 grados C

**Peso específico:** 1.095 g/ml a 20 grados C

**Punto de ignición:** Por arriba de los 70 grados C

##### **c) Aplicación**

*Danafloat 527 E* la versión emulsionable en agua del *Danafloat 527*, una solución acuosa de dialquil ditiofosfato y tionocarbamato. *Danafloat 527 E* se puede agregar al circuito de molienda en un acondicionador del circuito de flotación y tiene muy poca o ninguna acción espumante.

*Danafloat 527 E* ofrece buena selectividad de mineral hacia la pirita y se ha utilizado en aplicaciones que involucran minerales de cobre con

calcopirita, bornita, chalcocita y covelita. También se ha descubierto su uso en un mineral de cobre mezclado con óxido de sulfuro en combinación con xantato.

Otras aplicaciones son en la flotación de galena y esfalerita de cobre activado.

*Danafloat 527 E* es un buen colector de tetraedrita y minerales de oro.

*Danafloat 527 E* es un colector muy rápido y potente que debe utilizarse en cantidades inferiores que el xantato.

*Danafloat 527 E* debe agregarse sin diluir, pero es preferible como emulsión en agua del 1 al 10%.

La dosis de *Danafloat 527 E* varía según el tipo de mineral, pero es normalmente inferior que para los xantatos. La dosis recomendada es de entre 10 y 50 gramos por tonelada de mineral.

*Danafloat 527 E* se utiliza normalmente en un rango de pH de 4 a 12.

Colector de minerales Danafloa 571.

#### **d) Composición**

**Nombre químico:** i-butil-dtp-Na y MBTNa (Mercaptobenzotiazol de sodio).

**Nombre del Servicio de abstractos químicos:** Ácido fosforoditioico, O, O-bis (2-metil propil) éster, sal de sodio y 2-(3H). Benzotiazolinona, sal de sodio.

**Ingredientes activos:** 21 a 24% y 10 a 12% por peso respectivamente

#### **e) Propiedades físicas**

**Apariencia:** De amarillo a café.

**Forma:** Líquido (solución acuosa).

**Punto de ebullición:** 102 °C.

**Punto de fusión/congelamiento:** De menos 6 a menos 7 °C.

**Peso específico:** 1,118 g/ml a 25 °C.

**Punto de ignición:** Por arriba de los 65 °C.

**f) Aplicación**

*Danafloat 571* es una solución acuosa de dialquil ditiofosfato y mercaptobenzotiazol.

*Danafloat 571* tiene pocas o ningunas características espumantes. Requiere un tiempo más largo de acondicionamiento que los xantatos y por ello normalmente se suele agregar un paso de acondicionamiento o en algunos casos en el molino.

*Danafloat 571* es un colector más fuerte que *Danafloat 271* y forma más espuma. Se trata de un excelente colector para minerales manchados o que se oxidan rápidamente, que son minerales que tienen dificultades para flotar. Se ha encontrado una aplicación para el *Danafloat 571* en la flotación de oro liberado, parcialmente libre y parcialmente asociado con pirita y arsenopirita.

Está calificado como un excelente colector en la flotación de pirita aurífera, particularmente en circuitos ácidos. El colector hace flotar bien la galena, pero tiene un efecto aún más fuerte en esfalerita y deberá entonces utilizarse con mucho cuidado.

*Danafloat 571* debe considerarse como colector de esfalerita en cualquier programa de pruebas de detección. También es un excelente colector en la flotación de cobre y níquel. En muchas ocasiones se usa un colector depurador como por ejemplo el xantato para conseguir una

recuperación óptima. *Danafloat 571* debe ser considerado como un co-colector en la flotación de minerales de cobre, especialmente si parte del cobre está oxidado o manchado.

*Danafloat 571* se puede agregar sin diluir, o preferiblemente diluido en agua limpia a una solución del 5 al 20%. Es una buena práctica agitarlo antes de usar.

La dosis de *Danafloat 571* varía con el tipo de mineral, por lo general dentro del rango de 10 a 100 gramos por tonelada métrica.

La experiencia ha demostrado que *Danafloat 571* es efectivo para un rango de 3 a 12 de pH.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Reactivos de flotación.** Son sustancias químicas capaces a la adsorción selectiva en límites de fases y al cambio de sus propiedades físicos y químicos, creando condiciones para la flotación selectiva de partículas de un mineral determinado.

**Flotación.** (Acción de flotar o ser capaz de flotar), es un proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gaseoso) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire. En química, es una mezcla heterogénea a nivel molecular o iónico de dos o más especies químicas que no reaccionan entre sí, cuyos componentes se encuentran en proporción que varía entre ciertos límites.

**Colectores.** algunos de los reactivos de flotación más importantes que se utilizan en el proceso de flotación, se utilizan para modificar las propiedades de la superficie de los minerales.

**Comparación.** Acción de comparar (examinar dos o más cosas para establecer sus relaciones, diferencias o semejanzas).

**Dosificación:** Sistema que permite una dosificación mucho más precisa.  
Resultados metalúrgicos: Métodos para realizar la cuantificación en el proceso metalúrgico de flotación.

**Mineral:** Es una sustancia natural, de composición química definida, normalmente sólido e inorgánico, y que tiene una cierta estructura cristalina. Es diferente de una roca, que puede ser un agregado de minerales o no minerales y que no tiene una composición química específica.

**Mena:** Es un elemento químico, generalmente un metal, es un mineral del cual se puede extraer dicho elemento porque lo contiene en cantidad suficiente para poder aprovecharlo.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Si realizamos la dosificación de reactivos (colectores) entonces podemos realizar la comparación de resultados metalúrgicos en Volcan Compañía Minera – Yauli en sus unidades operativas de Mahr Túnel, Andaychagua y La Victoria.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) Si logramos identificar los colectores que se van a dosificar entonces podemos realizar la comparación de resultados en Volcan Compañía Minera en sus unidades operativas de Mahr Túnel, Andaychagua y La Victoria.
- b) Si logramos determinar la dosificación de los reactivos entonces podemos realizar la comparación de resultados en Volcan Compañía Minera en sus unidades operativas de Mahr Túnel, Andaychagua y La Victoria.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable Independiente

Dosificación de reactivos (colectores)

### 2.5.2. Variable Dependiente

Comparación de resultados metalúrgicos

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición procedimental</b>	<b>Indicadores</b>
Dosificación de reactivos (colectores)	Se ha dosificado: A-3418 Z11 y Z6 D468	Se ha dosificado de acuerdo a un plan de trabajo para ir variando la dosificación y mezcla de Z11 con Z6, con la finalidad de mejorar la hidrofobicidad del mineral.	g/TM
Comparación de resultados metalúrgicos	Se obtiene resultados aceptables o no aceptables	Se ha tabulado cada resultado para una mayor comparación y observación.	Porcentaje

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Se trata de una herramienta vital para el avance científico, porque permite comprobar o descartar hipótesis con parámetros fiables, de manera sostenida en el tiempo, y con objetivos claros. De esta manera se garantiza que las contribuciones al campo del conocimiento investigado puedan ser comprobadas y replicadas. Para nuestro trabajo de investigación va estar enmarcado en el tipo **experimental**, porque controla solo algunas variables del fenómeno a estudiar. En este caso, los grupos de estudio y control no pueden ser elegidos al azar, sino que se eligen de grupos o poblaciones ya existentes.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

Se recurre al nivel descriptivo y explicativo, debido al grado y conocimiento del observador sobre el tema que se ah recurrido a tratar y llegar a los resultados deseados.

### 3.3. Métodos de Investigación

La investigación es una actividad dedicada a la obtención de nuevo conocimiento o su aplicación para la resolución de problemas específicos, a través de un procedimiento comprensible, comunicable y reproducible. Puede dedicarse a distintas áreas del saber humano, e implicar distinto tipo de razonamientos y procedimientos, según el método de investigación elegido.

En consecuencia, los métodos de investigación son los distintos modelos de procedimientos que se pueden emplear en una investigación específica, atendiendo a las necesidades de la misma, o sea, a la naturaleza del fenómeno que deseamos investigar. Por lo tanto, nuestra investigación es **aplicada** y **empírica**, donde los métodos empíricos de investigación se aproximan al conocimiento mediante experiencias replicables, controladas y documentadas, que conocemos bajo el nombre de experimentos.

### 3.4. Diseño de investigación

En el diseño o método cuantitativo, los fenómenos son acontecimientos determinados por causas independientes de la voluntad humana, y por lo tanto son objetivos. En este caso, se puede realizar este tipo de investigación cuando es importante para el investigador obtener conclusiones estadísticas que le ayuden a recopilar información para su investigación. Es así que nuestro trabajo tiene el **diseño experimental**, porque tiene el grado de control máximo (por parte del investigador); es decir, existe manipulación de las variables. Además, permite establecer relaciones de causalidad entre variables.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

Las reservas son categorizadas como probadas o probables atendiendo a su grado de confianza. La presente estimación se realizó aplicando los lineamientos establecidos por las mejores prácticas de la industria, y alineando los procedimientos y metodologías de Volcan Compañía Minera.

**Tabla 6:** Reservas de minerales probadas y probables

Reservas de minerales probadas y probables de la unidad minera Yauli									
Reservas	MM De TM	Leyes				Fino			
		% Zn	% Pb	% Cu	Ag oz/TM	Zn Miles TM	Pb Miles TM	Cu Miles TM	Ag Millones de oz
Yauli	21,5	4,5	0,7	0,1	2,7	972	157	21	5
Probadas	10,4	4,9	0,7	0,1	2,6	507	73	10	2
Probables	11,1	4,2	0,8	0,1	2,9	464	84	11	3

Nota: Dato obtenido del departamento de geología de Volcan Compañía Minera

### 3.5.2. Muestra

Teniendo en cuenta las reservas y del trabajo de investigación que se ha desarrollado en los laboratorios químicos metalúrgicos se ha muestreado una aproximado de 50 kilogramos en cada unidad de estudio de los cuales se han ido utilizando un kilo de mineral para llevar a cabo la investigación tomando en cuenta la muestra de reserva para prevenir algún inconveniente, el muestreo realizado fue a la salida de la tolva de finos de la faja alimentadora al molino primario.

## 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.6.1. Mina y Geología

La filosofía de la empresa es “Que el metalurgista conozca de las tareas principales que realizan en mina y geología hasta abastecer de mineral a planta”. Y para ello se tiene las siguientes consideraciones:

Reconocimiento de zonas de interés en mina y que abastecen normalmente a cada una de las plantas concentradoras.

Especificación del sistema de explotación: taladros largos, tajo abierto, corte y relleno ascendente, etc. Y en cada caso conocer el uso y aplicación del explosivo.

Establecer la importancia del abastecimiento por zonas según el tonelaje abastecido y definir bloques de interés que requieran la aplicación del estudio.

Elegida la zona se debe contar con un sistema válido de muestreo para obtener muestras representativas

Definir el procedimiento que logra un determinado peso de muestra y reducir por cuarteo a un peso de muestra de 50 kilos de un tamaño de pulgada máximo 3”.

### **3.6.2. Estándar de recepción de muestras**

El metalurgista debe de conocer sobre **manejo, conservación y disponibilidad de la muestra que ingresara a caracterización**. Y para ello debe de estar preparado académicamente.

La muestra tiene un peso aproximado de 50 kilos y debe estar correctamente embolsada en saco de polipropileno.

Necesario que la bolsa este cerrado con cintillo de plástico.

El traslado de la muestra de mina a planta debe ser coordinado previamente, debe figurar el vehículo en el que se transporta, fecha y hora.

El saco conteniendo la muestra debe estar correctamente identificado según la zona y labor a la que corresponda.

Todos los datos anteriores deben figurar en una lista de control (Chek List) que debe ser firmado por el receptor de la muestra cuando esta llegue al Laboratorio Metalúrgico.

La codificación de la muestra debe ser correlativa el 0001 hacia adelante para identificarla más fácilmente y en la descripción si será muy importante colocar la descripción completa de la muestra que incluya a que tajo, zona, método de explotación y Unidad Minera a la que corresponde.

### **3.6.3. Estándar de preparación de la muestra recepcionada**

Se establece procedimiento para manejo de la muestra chancada a 100% pasante malla 10 ASTM, con esa premisa se tiene en cuenta:

Una vez recepcionada e identificada la muestra, chancar sucesivamente y clasificar hasta lograr el 100% pasante en malla 10 ASTM.

Obtener por cuarteo un peso de muestra de aproximadamente 25 kilos el resto debe ser guardado como contra muestra.

De los 25 kilos que es la muestra final se debe obtener por cuarteo aproximadamente medio kilo para enviar al laboratorio para análisis químico por los siguientes elementos Pb, Zn, Cu, Ag, Fe y óxidos de Pb y Zn.

La muestra de mineral chancado será guardada como material de proceso en el mismo saco de polipropileno en el que llegó para conservar la identificación, aumentando el código correlativo de ingreso a partir del 0001.

En el laboratorio metalúrgico se establece un depósito de almacenamiento ordenado de muestras, que tenga la facilidad de tener visibilidad en la identificación de muestras y a la vez facilidad para disponer de las mismas.

Etapas de la caracterización de la muestra:

**Moliendabilidad:** se realiza con la finalidad de caracterizar la respuesta a la moliendabilidad de la muestra, que incluye dureza (work Index comparativo, Índice de abrasión) y establece el procedimiento y condiciones de molienda batch. Para ello se debe de seguir los siguientes pasos:

✓ En el molino de bolas de laboratorio medir dimensiones básicas diámetro y longitud en pulgadas.

✓ Pesar y contar el número de bolas por tamaños para mantener constante el peso.

Siempre que no opere el molino debe ser guardado con cal y agua.

Las pruebas de molienda son realizadas en 1000 gramos de peso de muestra más 500 mililitros de agua, y el análisis granulométrico en 300 gramos de muestra obtenida por cuarteo y sacudida 20 minutos en Ro-tap

En cada prueba de molienda se agrega 1000 gramos de mineral y 500 mililitros de agua con lo cual se obtiene una pulpa en molienda con 67% de sólidos

De un saco de muestra de mineral homogenizar y tomar 4 kilos de mineral, moler cada uno con la misma concentración de sólidos (66%) y variar el tiempo de molienda en 5, 8, 12 y 15 minutos y en cada tiempo de molienda se determina para el producto molido luego de secar y tomar por cuarteo 300 gramos y haciendo análisis granulométrico por lavado solo en la malla 200 ASTM, se determinó a cuanto llega en porcentaje pasante en malla 200; posteriormente se usó la regresión lineal para establecer una ecuación o tabla que relacione tiempo de molienda y % de malla -200.

Con la misma muestra molida y seca se toma nuevamente 300 gramos y se realiza el análisis granulométrico en las mallas 50, 70, 100, 140, 200, 325 y menos 325 determinar el tamaño K80 en micrones utilizando funciones de distribución granulométrica. Relacionado por la regresión lineal el % de malla -200 y el tamaño de referencia K80 en micrones.

Quedando establecido que una muestra de mineral en proceso se debe conocer en cuanto tiempo de molienda debo llegar a determinado % -m200 y a cuanto equivale en K80 (micrones); un ejemplo será afirmar que conocemos

preliminarmente la muestra porque moliendo 5 minutos llega a 55% -m200 y esto equivale a un producto K80 = 200 micrones.

Para caracterizar por dureza o Índice de Trabajo la muestra mineral será importante hacerlo por el método comparativo para esto es recomendable seguir los siguientes pasos:

- a) El mineral de cuarzo de presenta un índice de trabajo igual a 13,6 kwh/TC, ese mineral debe ser chancado hasta 100% menos malla 10.
- b) Esta muestra chancada es alimentada a un molino de bolas batch, se realizó previamente el análisis granulométrico con las mallas ASTM 30, 50, 70, 100, 140, 200, 325 y menos 325, usando funciones de distribución se determinó el tamaño de abertura de malla de F80 en micrones.
- c) Pesando 1000 gramos de mineral más 500 mililitros de agua, moler durante 10 minutos exactamente controlados, al producto molido luego de filtrar y secar tomar 300 gramos de mineral por cuarteo y hacerle un análisis granulométrico en las mismas mallas ASTM recomendadas luego determinar el tamaño P80 usando funciones de distribución granulométrica.
- d) Se procede similarmente con la muestra de mineral que ya está chancado al 100% pasante malla 10 y haciendo análisis granulométrico en las mismas mallas citadas ASTM para determinar el tamaño de abertura de F80 en micrones.
- e) Moler 1000 gramos de muestra de mineral con 500 cc de agua y moler exactamente 10 minutos, al producto filtrado y secado tomar 300 gramos y hacer la determinación del tamaño P80 en micrones.
- f) Se utilizó la relación de consumo de energía de Bond para establecer el índice de trabajo comparativo del mineral en caracterización.

$$13.6 \left( \frac{10}{\sqrt{P80 \text{ cuarzo}}} - \frac{10}{\sqrt{F80 \text{ cuarzo}}} \right) = W_i \left( \frac{10}{\sqrt{P80 \text{ mineral}}} - \frac{10}{\sqrt{F80 \text{ mineral}}} \right)$$

Determinar mediante laboratorios externos el índice de abrasión del mineral que define alguna posibilidad de desgaste exceso de consumo de aceros en molienda.

1. **Estándar de flotación de sulfuros:** Después de haber realizado la moliendabilidad pasamos a desarrollar pruebas de flotación batch a modo de cinética de flotación con extracción de espumas en el tiempo, para determinar la calidad de respuesta del mineral al proceso de flotación. Son de dos tipos:
  - a) Exploratoria de flotación total de sulfuros.
  - b) Cinética de Flotación selectiva bulk Pb/Cu y de Zinc.
2. **Flotación exploratoria total de sulfuros.** Esta prueba es para caracterizar la flotabilidad de los sulfuros presentes en la muestra, valiosos y no valiosos que proporcionen condiciones preliminares de respuesta al proceso de flotación.
  - a) **Molienda.**
    - ✓ Moler 1000 gramos de mineral con 500 mililitros de agua obteniendo una pulpa con 66% de sólidos.
    - ✓ Seleccionar el tiempo de molienda según el estándar previamente establecido de tiempo y escogemos 55% -m 200.
3. **Acondicionamiento.** La pulpa de la descarga del molino se coloca en una celda de capacidad 2,300 litros. Enrazando con agua hasta un nivel una pulgada debajo del labio con lo que la flotación se llevará a cabo con 33% de sólidos. Ajustar el pH con cal (hasta pH = 10) y agregar luego sulfato de cobre 2 cc al 10% de concentración que es igual a 200 g/ton; acondicionar agitando sin aire durante dos minutos, luego en un minuto adicional agregar 2 cc de

xantato Z11 en solución al 1% que equivale a 20 g/t, una gota de Aerophine 3418 que equivale a 10 g/t, una gota del tionocarbamato AP 3894 y finalmente 4 gotas de espumante que equivale a 40 g/t.

4. **Flotación total de sulfuros.** Abriendo lentamente el aire a la celda de flotación que está en agitación; evacuar espumas luego de 1, 3 y 7 minutos, el contenido de estas tres espumas - recolectadas en bandejas distintas- secar y enviar a ensaye químico las tres espumas por separado y el relave final, de las tres muestras se envían a ensaye químico una mínima cantidad representativa, el resto se conserva sin pulverizar para análisis de microscopia.
5. **Balance metalúrgico de la prueba de flotación total batch.** Se hace un balance metalúrgico con el siguiente procedimiento estándar:
  - a) Con los pesos de tres espumas y relave, considerando las leyes químicas correspondientes recalcular los relaves para los dos primeros tiempos, esto se logra sumando los finos y obteniendo leyes calculadas al dividir finos entre peso acumulado
  - b) Sumando finos de la primera espuma y su relave calculado correspondiente recalcular la ley de cabeza
  - c) En el balance la distribución de finos respecto del total será la recuperación por tiempos.
  - d) La multiplicación de grado de espuma por la recuperación dividido entre la cabeza calculada será el “factor metalúrgico” para cada elemento ensayado, a valores más altos del factor mejor flotabilidad de los sulfuros.
6. **Regresión entre elementos químicos.** Con el set de ensayos químicos ensayados y calculados (espumas y relaves correspondientes) se tiene suficiente información para hacer regresión lineal entre pares de elementos

químicos con la finalidad de:

- a) Establecer correlación entre estos pares y determinar el valor estadístico t-student que expresara la significancia estadística entre dos elementos químicos.
- b) Con la importancia de considerar el signo del valor de t-student, si es positivo será posible una relación mineralógica entre los elementos y si la significancia es alta pero negativa habrá una posibilidad de diluyente de grado uno respecto del otro.
- c) Como ejemplo si la relación plomo y plata es mayor de 2 y positiva es posible que se tenga importantes valores de plata asociados a galena y si el par entre plomo y zinc es mayor de 2 pero negativo es posible que la esfalerita (ZnS) este diluyendo el grado de plomo (PbS).
- d) Seca la probeta extraída del molde se procede a pulir con lija de agua, lavando con chorro fino de agua en secuencia de tres minutos por cada lija (Número: 100, 140, 240, 360, 400, 600, 800, 1000 y 1200), finalmente se saca brillo al espejo con polvo de alúmina gruesa y fina en un paño microcloth utilizando un chorro fino de agua. El **análisis microscópico será cualitativo** para identificar especialmente sulfuros de hierro (pirita, pirrotita y arsenopirita) que podrían afectar a la flotación de sulfuros valiosos y, por otro lado, si los sulfuros valiosos tienen una morfología mayormente libre o muestran asociaciones favorables o perniciosas que podrían afectar la flotación de sulfuros. Es necesario tomar fotografías referidas a las observaciones realizadas respecto de la mineralogía de los sulfuros y reportar como Galería de Fotografías donde cada una será etiquetada y comentada.

7. **Cinética de flotación Selectiva Bulk y Zinc.** Es caracterizar la flotabilidad de los sulfuros presentes en la muestra, valiosos y no valiosos que proporcionen condiciones preliminares de respuesta al proceso de flotación en el caso de que la mineralogía confirme previamente que hay minerales valiosos de plomo-cobre-zinc y con altos o bajos contenidos de plata se seguirá el siguiente procedimiento estándar:

**a) Molienda:**

- ✓ Moler 1000 gramos de mineral con 500 mililitros de agua la pulpa tiene el 66% de sólidos.
- ✓ El tiempo de molienda según el estándar, previamente establecido de tiempo y escogemos 55% -m200; al molino se agrega cianuro de sodio 20 gr/t y 100 gr/t de sulfato de zinc por cada 1% de Zn en el mineral de cabeza (soluciones al 1% de solución acuosa de ambos reactivos indican que cada cc son 10 gr/t para 1000 gramos en peso de muestra).

**b) Acondicionamiento:** La pulpa del molino se coloca en una celda de capacidad 2300 lts. Enrazando con agua hasta un nivel una pulgada debajo del labio con lo que la flotación se llevará a cabo con 33% de sólidos. Ajustar el pH con cal (hasta un pH = 9), si fuera necesario y acondicionar agitando sin aire durante dos minutos, luego en un minuto adicional agregar 2 mililitros de xantato Z11 en solución al 1% que equivale 20 g/t, una gota de Aerophine 3418 (10 g/t, una gota del tionocarbamato AP 3894 y finalmente 4 gotas de espumante que equivalen a 40 g/t.

8. **Flotación Diferencial Pb-Cu-Zn:** Procedemos con el siguiente estándar:

a) Se abrió lentamente el aire a la celda de flotación que está en agitación;

evacuar espumas Pb-Cu luego de 1, 3 y 7 minutos.

- b) El contenido de estas tres espumas se ha recolectado en bandejas distintas.
- c) El relave de la flotación bulk Pb-Cu se acondiciona durante cinco minutos cerrando el aire para activar la flotación de valores de zinc.
- d) Los reactivos que se agrega son 2 mililitros de sulfato de cobre en solución al 10% que equivale a 200 g/t luego se agrega cal ajustando el pH hasta 11 y colector xantato Z11 a 20 g/t en solución acuosa al 1% y también se agrega una gota de colector auxiliar tipo tionocarbamato AP 3894 y se agrega nuevamente espumante MIBC 40 g/t o 4 gotas.
- e) Se abrió lentamente el aire a la celda de flotación que está en agitación; se evacuó las espumas de flotación de valores de zinc luego de 1, 3 y 10 minutos.
- f) Las tres espumas de flotación bulk más las tres espumas de flotación zinc y la muestra de relave final se secan, pesan y envían a laboratorio para ensaye químico por Pb-Cu-Zn-Fe-Ag.
- g) La mayor parte de muestras de espumas de flotación primer minuto de bulk plomo/cobre y primer minuto de flotación de Zinc y la de relave final se guardan sin pulverizar para análisis bajo el microscopio.

9. **Balance metalúrgico de la prueba de flotación diferencial**

- a) **Plomo/Cobre/Zinc:** Se hace un balance metalúrgico para la flotación bulk plomo/cobre y zinc con el siguiente procedimiento estándar:
  - ✓ Con los pesos de seis espumas y relave, considerando las leyes químicas correspondientes recalcular los relaves para los cinco primeros tiempos, esto se logra sumando los finos y obteniendo leyes

calculadas al dividir finos entre peso acumulado.

- ✓ Sumando los finos de la primera espuma y su relave calculado correspondiente recalcular la ley de cabeza.
- ✓ En el balance la distribución de finos respecto del total será la recuperación por tiempos.
- ✓ La multiplicación de grado de espuma por la recuperación dividido entre la cabeza calculada será el “factor metalúrgico” para cada elemento ensayado, a valores más altos del factor mejor flotabilidad de los sulfuros.

10. **Regresión lineal con los ensayos químicos.** La regresión lineal se hace con el set de ensayos químicos ensayados y calculados (espumas y relaves correspondientes a la flotación bulk y de zinc) se tiene suficiente información para hacer regresión lineal entre pares de ensayos químicos con la finalidad de:
- a) Establecer correlación entre estos pares y determinar el valor estadístico t-student que expresara la significancia estadística entre dos elementos químicos.
  - b) Con la importancia de considerar el signo del valor de t-student, si es positivo será posible una relación mineralógica entre los elementos y si la significancia es alta, pero si es negativa habrá una posibilidad de diluyente de grado uno respecto del otro.
  - c) Como ejemplo si la relación cobre y plata es mayor de 2 y positiva es posible que se tenga importantes valores de plata en forma de cobres grises y si el par entre zinc y plata es mayor de 2 y positivo es posible que la esfalerita tenga inclusiones importantes de valores de plata.
  - d) En general asumir este proceso de regresión entre pares de elementos

como una guía preliminar para obtener información necesaria antes del estudio de caracterización bajo el microscopio.

#### **3.6.4. Factor Metalúrgico como respuesta**

Cuando se investiga en flotación a nivel laboratorio y se debe analizar funciones respuestas es corriente hacer la evaluación de las recuperaciones, esto no es siempre correcto porque es obvio que se pueden lograr muy altas recuperaciones con un grado de concentrado muy bajo y ese no es el mejor evento ni lo que se quiere lograr; en metalurgia todos deseamos lograr las mejores recuperaciones, pero con el mejor grado de concentrado, ese es el óptimo. Por otro lado, las operaciones de flotación generalmente logran altos grados de concentrado y recuperaciones cuando la ley de cabeza es alta; pero una mejor operación y que debe ser premiada es aquella donde se obtienen altas recuperaciones y grados de concentrados con leyes de cabeza bajas. Por lo que en este caso se usó el **factor metalúrgico (FM)** y que debe quedar como la multiplicación de **grado por recuperación y dividido entre la ley de Cabeza**; luego a mayor FM, mejor será la flotación que está ocurriendo; desde luego que este nuevo concepto al resultar de dividir entre la ley de cabeza el FM incrementará porque recompensa las operaciones de baja ley que obviamente demandan un mayor esfuerzo en las plantas concentradoras de minerales.

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

Todo instrumento de recolección de datos debe resumir dos requisitos esenciales: validez y confiabilidad. Con la validez se determina la revisión de la presentación del contenido, el contraste de los indicadores con los ítems (preguntas) que miden las variables correspondientes. Se estima la validez como el hecho de

que una prueba sea de tal manera concebida, elaborada y aplicada y que mida lo que se propone medir.

Algunos autores como Black y Champion (1976), Johnston y Pennypacker (1980. Pp. 190-191), Kerlinger (1980. Pp.197-198), citados por Barba y Solís (1997. Pp. 232-234), señalan que la validez es un sinónimo de confiabilidad. El primero, se refiere al significado de la medida como cierta y precisa. El segundo, se refiere al hecho de lo que se mide actualmente es lo que se quiere medir. Se estima la confiabilidad de un instrumento de medición cuando permite determinar que el mismo, mide lo que se quiere medir, y aplicado varias veces, indique el mismo resultado. Por lo tanto, nuestro trabajo de investigación está en demostrar que la dosificación de reactivos (colectores) ayuda a incrementar las recuperaciones en los concentrados y la comparación es cuál es el comportamiento en cada una de las unidades en estudio.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.8.1. Técnicas**

Composito de minerales en las diferentes plantas de la unidad Volcan.

Y a la vez se dio uso de la estadística descriptiva para analizarlas tablas realizadas a su vez una comparación de resultados para evaluar cuál de los reactivos puede ser utilizado en las tres plantas concentradoras logran do una optimización logrando reducir grandes costos a nivel planta concentradora





Campana extractora



### **3.9. Tratamiento estadístico**

La estadística como herramienta en la investigación es de carácter fundamental en el cual se llega a demostrar la hipótesis de acuerdo a las variables en estudio. En nuestro caso vamos hacer uso de “t-student” para determinar el factor metalúrgico, así mismo vamos a elaborar las tablas de dosificación de reactivos colectores y las tablas de recuperaciones para el análisis de cada uno de ellos.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La ética, pues, en su generalidad práctica, contiene un saber por el que puede orientarse la reflexión de cada uno al bien y al mal, a acciones buenas o malas. Ella puede, en concreto, caracterizar una obra como hábito bueno y entonces habla de virtud o conceder como trasgresión del bien una idea ética a pesar que esté vigente. En el ámbito académico filosófico y en parte derivados de las definiciones propuestas, el término “ética” se utiliza para referirse a la filosofía moral, a la moral pensada, mientras que se usa el término “moral” para referirse a los distintos códigos morales concretos que encierran lo vivido. Esta distinción es útil, pues se trata de dos niveles de reflexión diferentes, de pensamiento y lenguaje acerca de la acción ética-moral.

Refiriéndonos a estos conceptos nuestro trabajo de investigación está enmarcado en la ética respetando las opiniones de diversos autores y que la recolección de datos, el procesamiento, el análisis y la discusión de los resultados guardan estricto cumplimiento a la ética.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Unidad Yauli**

La unidad operativa Yauli se encuentra en el departamento de Junín, a 40 kilómetros de la ciudad de La Oroya y a 170 kilómetros de Lima, lo que la hace accesible por carretera y vía férrea. Actualmente operan cuatro minas subterráneas: San Cristóbal, Carahuacra, Andaychagua y Ticlio.

##### **4.1.2. Plantas concentradoras**

Las tres plantas concentradoras lograron una recuperación promedio en el 2018 de 92,9% para el zinc, 86,6% para el plomo, 50,0% en el cobre y 86,8% para la plata, teniendo como referencia las recuperaciones se da inicio de la investigación utilizando los colectores que se utilizan a diario.

###### **4.1.2.1. Planta La Victoria**

El proceso de implementación del sistema experto en línea se inició en el 2018 para la primera celda rougher, el cual automatiza la dosificación de reactivos ( $ZnSO_4$  y MIBC) mediante una cámara de procesamiento de

imágenes. Esta automatización nos da la idea de acercarnos con nuestra investigación a la realidad del control del depresor y el espumante.

#### **4.1.2.2. Plantas Andaychagua**

La planta Andaychagua tiene una capacidad de tratamiento de 2950 TPD. Se inició la implementación del molino N°1, que permite obtener mayor cantidad de finos, dado que actualmente cuenta con un tamaño de corte de 64%, por debajo de 75 micras ( $\mu\text{m}$ ), como producto de la molienda primaria a flotación. El objetivo es hacer una doble clasificación en hidrociclones y conseguir un tamaño de corte de 72%, por debajo de 75 micras, como alimento a flotación y recuperar una mayor cantidad de plata en el plomo.

Esta información es buena ya que se va tener partículas debidamente liberadas ya que el corte es a la malla – 200.

#### **4.1.2.3. Plantas Mahr Túnel**

Planta Mahr Túnel, continuó con la aplicación de nuevos reactivos de flotación y eliminación de otros para mantener o reducir los costos. Esta nueva dosificación de los reactivos principalmente del colector para su uso en las tres plantas se dio inicio en esta planta concentradora.

### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

El trabajo desarrollado en la mina está orientado a que profesionales con experiencia en exploración, desarrollo y procesamiento de los minerales se reúne y da inicio a un sistema de trabajo ordenado y todos aceptan que están ante un sistema de trabajo que hace un esfuerzo distinto impostergable y moderno con la finalidad de mejorar el rendimiento económico de una Unidad Minera.

Se hace previamente un reconocimiento y análisis de las principales operaciones involucradas a la caracterización o conocimiento de la mineralogía de las zonas de trabajo del yacimiento minero y se desarrollan una secuencia de etapas para que el sistema aplicado de estudio y caracterización sea aceptado y validado por usar procedimientos estándar válidos durante todo el proceso. Los equipos a utilizar son chancadoras, molino, celdas de flotación batch de laboratorio, microscopio de luz reflejada y herramientas de muestreo como palas picos y bolsas recolectoras de muestras.

Se eligieron cinco etapas como pasos importantes del proceso:

1. Toma de muestra representativa en zona mineralizada del yacimiento.
2. Estándar de manejo de muestras que involucra traslado hasta recepción en laboratorio metalúrgico.
3. Preparación de muestra por tamizado y chancado hasta alcanzar una granulometría 100% pasante malla 10 ASTM incluye estándar de conservación de la muestra.
4. Caracterización física del mineral referida a calidad de respuesta a molienda de minerales en pulpa al 60% de solidos.
5. Caracterización de respuesta del mineral al proceso de flotación de sulfuros, utilizando cinética de flotación (evaluación de extracción en el tiempo) y además se incluye el análisis de microscopia para reconocimiento de sulfuros valiosos que flotan minuto a minuto y no-valiosos pero influyentes en el proceso metalúrgico.

El presente trabajo de investigación se refiere a pruebas metalúrgicas realizadas a nivel industrial en la planta concentradora Mahr Tunel, con la finalidad de reemplazar el xantato Z-11 por un colector selectivo, el reactivo seleccionado

luego de una serie de pruebas a nivel laboratorio fue el colector A-3418 y D-468, en la flotación de zinc.

Las razones de haber seleccionado el A-3418, son su selectividad, bajo consumo, y sobre todo que no se requiere el uso de la cal para el pH que convencionalmente es de 11,5 en el circuito de zinc, eliminar la cal del circuito representa un gran ahorro en el costo de flotación. Analizando los resultados obtenidos de la prueba con A-3418 y D-468 se logra mejorar el performance metalúrgico de zinc, los costos se reducen considerablemente siendo beneficioso para la empresa, **se elimina cal en su totalidad, considerando que es un insumo químico fiscalizado.**

Por lo expuesto, se puede concluir que usando el reactivo A3418 en la flotación de zinc se obtiene muchas ventajas, La calidad del concentrado es mejor que cuando se trabaja con cal y la recuperación de zinc está por encima del promedio.

Evaluar el Reemplazo del Xantato Z-11 por el reactivo A-3418 y D-468 en la flotación de zinc a nivel industrial, el uso de este reactivo también permite la eliminación de la cal de todo el circuito de zinc al 100%, incluida las limpiezas.

Se realizó pruebas de flotación en el laboratorio metalúrgico evaluado los reactivos colectores (selectivos) de Zinc, Plomo - Plata (A-3418 y D-468), lo resultados obtenidos fueron positivos en la flotación de zinc eliminando por completo la cal y el xantato; por esta razón se propone realizar la prueba a nivel industrial.

Importante recalcar que se está realizando la flotación de zinc eliminando al 100% cal (IQBF) del circuito, se está trabajando con un pH = 9,5 a 10.

#### 4.2.1 Plantas concentradoras

Colector de zinc, producto extremadamente selectivo contra la ganga de sulfuros y son ampliamente usados para la flotación de los minerales sulfurosos de cobre en pH ácido, también son usado en circuitos alcalinos para flotar minerales complicados que contienen Cobre, Zinc y Plomo - Plata.

##### a) Dosificación de reactivos

La dosificación de los reactivos sufrió una variación a favor:

**Tabla 7:** Comparación de dosificación de colectores

Flotación convencional			Flotación A-3418				
	pH	cc/min	g/t		pH	cc/min	g/t
Cal	11,53		1500	Cal	9,5		0,0
Xantato		910		A-3418		18	10,8
CuSO <sub>4</sub>		6500		CuSO <sub>4</sub>		5000	240
MIBC		45		MIBC		25	15

Nota: Datos proporcionados por el tesista

El consumo de Reactivos en el circuito de zinc antes de comenzar la prueba fue de;

Xantato            27,3 g/t

CuSO<sub>4</sub>            312 g/t

MIBC/H53        27 g/t

Durante la prueba se dosificaron las siguientes cantidades:

A-3418 = 10,8 g/t

CuSO<sub>4</sub> = 240 g/t

MIBC/H53 = 15 g/t.

Como se puede observar la dosificación de los insumos químicos se redujo considerablemente el cual es muy importante, esta tendencia de bajos consumos se mantiene con un rango de +/- 10%, durante toda la prueba no se está usando cal.

b) Evaluación resultados metalúrgicos

**Tabla 8:** Flotación Convencional - dosificando cal y xantato.

Producto	TMS	% Peso	ENSAYES					RECUPERACIONES (%)			
			%Cu	%Pb	%Zn	Ag g/t	Ag (oz/t)	Cu	Pb	Zn	Ag
Cabeza	27638,06	100,00	0,27	1,18	4,65	82,46	2,65	100,00	100,00	100,00	100,00
Conc Cu	177,89	0,64	27,81	8,54	1,83	3772,30	12128	66,68	4,66	0,25	30,70
Conc Pb	502,26	1,82	1,76	53,59	6,83	1493,86	4803	11,92	82,57	2,67	34,33
Conc Zn	2136,33	7,73	0,42	0,50	53,64	137,45	4,42	11,96	3,27	89,18	13,44
Relave	22561,22	81,63	0,03	0,14	0,45	20,85	0,67	9,44	9,50	7,90	21,53
	27077,10	90,73	0,30	1,30	5,12	87,15	2,87	100,00	100,00	100,00	100,00
							55,14				78,47

Nota: El balance elaborado por el tesista

**Tabla 9:** Flotación A - 3418: dosificando el colector selectivo.

Producto	TMS	% Peso	ENSAYES					RECUPERACIONES (%)			
			%Cu	%Pb	%Zn	Ag g/t	Ag (oz/t)	Cu	Pb	Zn	Ag
Cabeza	4958,11	100,00	0,36	1,10	4,86	71,55	2,30	100,00	100,00	100,00	100,00
Conc Cu	48,66	0,85	28,92	4,29	1,12	2684,60	86,31	78,39	3,84	0,23	38,04
Conc Pb	87,25	1,46	1,35	52,95	7,23	1239,91	39,86	6,54	84,95	2,62	31,51
Conc Zn	388,66	7,47	0,35	0,33	57,63	128,30	4,12	7,54	2,37	93,01	14,52
Relave	4433,53	90,22	0,03	0,11	0,22	12,34	0,40	7,53	8,84	4,14	15,93
	4958,11	100,00	0,36	1,10	4,86	69,26	2,23	100,00	100,00	100,00	100,00
											84,07

Nota: El balance elaborado por el tesista

c) Comentarios:

Las observaciones que incluimos se basan en la comparación de resultados entre balances metalúrgicos acumulado, vs., balance prueba industrial, del cual manifestamos lo siguiente:

**Recuperación de zinc**

**Calidad de concentrado de zinc:** De 53,64 sube a 57,63 %.

NaCN De 89,18% a 93,01%.

pH de operación. De 11,53 bajo a 9,90 por la disminución del uso de la cal.

**4.3. Prueba de hipótesis**

La Planta Concentradora de Andaychagua tiene una capacidad de 2800 TMSPD, obteniéndose concentrado de cobre (ocasionalmente dependiendo de la ley de cabeza), plomo y zinc. El mineral que se alimenta tiene una cabeza de plata que oscila entre 3 a 5 oz/TM, la ley de plomo en la cabeza es menor de 1%. Se tiene una buena cabeza de plata por lo que la finalidad de estas pruebas se centra en

mejorar la recuperación de este elemento valioso de esta manera incrementar el valor del concentrado de plomo.

#### 4.3.1. Procedimientos

- a) El mineral que se trabajó fue obtenido del alimento a la sección molienda.
- b) Se utilizó una plantilla de pruebas en arreglo tipo factorial fraccionado un cuarto  $2^5$  que para estudiar cinco variables consta de solo 8 pruebas.
- c) Se pesó 1000 gramos de mineral para cada prueba, se trabajó en molienda con 61,15% malla -200 con un K80 de 114 micrones. En la etapa de flotación se usó una celda de 2,300 litros, el % de sólidos en la pulpa fue de 40% aproximadamente, el consumo total de Z-11/Z-6 se trabajó con 25 g/t y el colector secundario 5 g/t, los reactivos depresores y espumantes se usaron de acuerdo al estándar de laboratorio.
- d) El análisis de resultados se hizo en la función respuesta denominada “**Factor Metalúrgico**” que resulta de multiplicar grado de espumas por recuperación y dividido entre la ley de cabeza calculada y que es una medida adecuada de eficiencia metalúrgica porque considera selectividad (grado) y fuerza (recuperación) de la acción de las variables. El estadístico de significancia determinado por regresión será el valor t-student.

#### 4.3.2. El estudio

- a) **Identificación del mineral.** El mineral obtenido del muestreo en planta concentradora se preparó y se envió a laboratorio químico para su respectivo ensaye que es el siguiente:

**Tabla 10:** Leyes de cabeza

LEYES				
%Cu	%Pb	%Zn	Oz/TM Ag	%Fe
0,07	0,74	4,68	3,70	6,63

Nota: Análisis químico realizado por el tesista.

b) **Prueba de flotación batch.** La prueba estándar de flotación batch tuvo las siguientes condiciones de operación:

**Tabla 11:** Dosificación de reactivos

Etapa	Tiempo (min)	pH	Dosificación de reactivos							
			ZnO/NaCN	H-53	Z11/Z6	AP3418	AR1208	AP6697	AP5100	208
Molienda	5	8,9	50							
Acond Bulk	3			50	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
Rougher I	1									
Rougher II	3									
Rougher III	5									

Nota: Elaborado por el tesista

Los reactivos fueron preparados al 1% a excepción del espumante H-53 que se trabajó al 100%. Se usó la mezcla de xantatos Z-11/Z-6 relación 3:1 tal como se utiliza industrialmente en la planta concentradora.

c) **Rango de identificación de variables.** El siguiente cuadro muestra el rango de las variables en términos o unidades reales.

**Tabla 12:** Rango de identificación de variables

Variables		Mínimo	Máximo
AP-3418	X1	0	5
AR-1208	X2	0	5
6697	X3	0	5
5100	X4	0	5
208	X5	0	5

Nota: La tabla fue elaborado por el tesista

Las variables elegidas para el estudio tienen la siguiente explicación para la amplitud de rango:

**Variable X1 (AP-3418):** Colector primario efectivo en la flotación selectiva de plomo/oro/plata con bajo contenido de cobre y minerales complejos de plomo con alto contenido de plata. Es selectivo contra minerales de hierro y arsénico tales como la pirita y la arsenopirita.

**Variable X2 (AR-1208):** Ditiófosfato acuoso resultado de mezcla física de ditiófosfato secbutílico AR 1238 y ditiófosfato etílico de sodio, colector que es

usado en circuitos de flotación de cobre, plomo y plata donde la selectividad de zinc es deseada.

**Variable X3 (AP- 6697):** El Aero 6697 es una solución acuosa alcalina del componente activo, basado en la química de los monotiofosfatos. Colector fuerte de sulfuros de cobre, zinc, plomo y metales nativos presenta buena selectividad frente a la piritita mejorando la espuma. Selectivo en la flotación de minerales preciosos tales como oro y plata. Presenta buena cinética especialmente cuando se está flotando partículas de oro y plata.

**Variable X4 (AP- 5100):** Este colector se usa en presencia de cobre gris, poderoso colector que se usa en la recuperación de esfalerita, especialmente se utilizan en combinación con xantato isobutilico de sodio. Es un Tionocarbamato Etyl Isobutilico.

**Variable X5 (208):** Colector tipo ditiofosfato usado en la flotación de minerales de cobre que contienen plata y oro. Similar al AR 1208 fabricado por RENASA con permiso de CYTEC.

**d) Plantilla de Diseño Experimental:** se ha planteado una plantilla para desarrollar los diseños experimentales para ocho pruebas llevadas a cabo en el laboratorio metalúrgico.

**Tabla 13:** Plantilla de diseño experimental

Prueba	CODIFICADA					REAL				
	X1	X2	X3	X4	X5	AP3418	AR1206	AP6697	AP5100	208
1	1	1	-1	1	-1	5	5	0	5	0
2	1	1	1	-1	-1	5	5	5	0	0
3	1	-1	-1	-1	1	5	0	0	0	5
4	-1	1	-1	1	1	0	5	0	5	5
5	1	-1	1	1	1	5	0	5	5	5
6	-1	-1	1	1	-1	0	0	5	5	0
7	-1	1	1	-1	1	0	5	5	0	5
8	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

**e) Análisis de Variables por Regresión:**

El resultado de las 8 pruebas se muestra en la tabla 14, el término factor metalúrgico es una función respuesta típica y que resulta de multiplicar grado por recuperación y dividido entre la ley de cabeza calculada.

Para el análisis de regresión se considera la flotación del primer minuto que es la que finalmente marca las pautas en flotación industrial, entonces la función respuesta estará referida al Factor Metalúrgico del Primer Minuto.

El resultado consolidado será una función respuesta que indique como la más favorable la flotación sumada de Pb+Cu+Ag descontando la activación de Fe+Zn, este resultado denominado “**Factor Metalúrgico Favorable**”.

**Tabla 14:** Factor metalúrgico favorable

Prueba	Factor acumulado primer minuto metalúrgico					FMT Fav
	Cobre	Plomo	Zinc	Plata	Fierro	
1	412,87	2897,38	6,86	1416,83	7,58	4712,65
2	265,14	3108,59	3,17	1642,68	3,00	5010,25
3	284,75	2823,56	3,33	1473,86	3,52	4575,33
4	177,12	2758,11	3,13	1038,18	3,76	3966,51
5	308,48	2582,98	6,72	1391,52	7,34	4268,93
6	427,16	2208,14	5,73	1183,22	9,75	3803,04
7	318,98	2761,70	3,25	1119,45	3,64	4193,25
8	638,92	2769,84	4,20	1419,54	5,37	4818,72

Nota: El factor metalúrgico elaborado por el tesista

**f) Plantilla de Diseño y Función Respuesta:** Se da a conocer el comportamiento de la prueba en el diseño experimental:

**Tabla 15:** Plantilla de diseño y función respuesta favorable

Prueba	Plantilla codificada					FM Fav
	X1	X2	X3	X4	X5	
1	1	1	-1	1	-1	4712,65
2	1	1	1	-1	-1	5010,25
3	1	-1	-1	-1	1	4575,33
4	-1	1	-1	1	1	3966,51
5	1	-1	1	1	1	4268,93
6	-1	-1	1	1	-1	3803,04
7	-1	1	1	-1	1	4193,25
8	-1	-1	-1	-1	-1	4818,72

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

- g) **Regresión lineal sin interacciones:** El análisis de los resultados por regresión realizada con las plantillas independientes X1, X2, X3, X4 y X5 y la variable dependiente o función denominado “Factor Favorable” es como sigue:

**Tabla 16:** Resultado metalúrgico de factor favorable en primer minuto

Metalurgia Factor Favorable Primer Minuto					
Constante	4418,584935				
Error típico de est Y	252,01549				
R cuadrado	0,90				
Nº de observaciones	8				
Grado de libertad	2				
	AP-3418	AR-1208	6697	5100	208
Coefficiente X	223,20	52,08	-99,72	-230,80	-167,58
Error típico del coef	89,10	89,10	89,10	89,10	89,10
T-Student	2,51	0,58	-1,12	-2,59	-1,88

Nota: El balance elaborado por el tesista

**Del resultado obtenido se comenta lo siguiente:**

- ✓ La correlación obtenida de “R cuadrado” es 90%, lo que significa que para incrementar la recuperación de valores de plomo-plata-cobre una buena alternativa sería la variable X1 (AP-3418) donde se obtiene un valor estadístico t-student de (+2,51).
- ✓ La variable X4 (AP-5100), influye de manera negativa en la flotación bulk -2,59.
- ✓ Las otras variables en estudio no tuvieron significancia por ser menores y negativos a un t-student de la tabla -1,12 y -1,88.

**4.4. Discusión de resultados**

**4.4.1. Procedimiento de las pruebas**

Antes de indicar el procedimiento para cada tipo mineral, cabe señalar cuales son los fundamentos en los procedimientos y en el tipo de análisis que se aplicaron para todas las pruebas:

- a) La flotación fueron Rouger Bulk de 1,5 minutos, para evaluar su comportamiento metalúrgico en corto tiempo;

- b) Para el análisis de resultados se utilizó la función respuesta denominada “**factor metalúrgico**” que resulta de multiplicar grado de espumas por recuperación y dividido entre la ley de cabeza calculada y que es una medida adecuada de eficiencia metalúrgica porque considera selectividad (grado) y fuerza (recuperación) de la acción de las variables;
- c) Por último, **el estadístico de significancia determinado por regresión será el valor t-student.**

#### 4.4.1.1. Procedimiento de las pruebas

Se preparó 8 muestras de 1kg de mineral que ingresa al molino primario a 100% -malla 10. Cuya ley de cabeza es:

**Tabla 17:** Leyes de cabeza de la planta Marh Túnel

LEYES				
%Cu	%Pb	%Zn	Oz/TM Ag	%Fe
0,16	0,85	4,96	85	9,28

Nota: El análisis químico elaborado por el tesista

Se preparó los reactivos de flotación, los cuales incluye los reactivos estándares y los reactivos a evaluar. A continuación, se muestra el estándar de flotación bulk para Mahr Túnel, y los reactivos a evaluar con su rango de dosificaciones:

**Tabla 18:** Dosificación de reactivos Planta Mart Túnel

ESTANDAR MAHR TUNEL							Reactivos				
Etapas	Tiempo	pH	Condiciones de operación				CuSO4	MIBC	D-3418	0	5
			ZnSO4	NaCN	Z11	X					
Molienda	5		250	8				D-468	0	5	
Flotación bulk	1							D-527E	0	5	
Rougher	1,5	10					20	Z11		25	

Nota: La tabla elaborada por el tesista.

En la etapa de flotación las pruebas se realizaron respetando los siguientes criterios:

a) En cada prueba se tendrá un valor mínimo y máximo (0,5), por cada reactivo “X” a evaluar, y será completado con un reactivo estándar hasta un total establecido, que será permanente en todas las pruebas. Por ejemplo, en caso de los colectores de plomo - plata (rango de 0 a 5), será completado con Z11 hasta un total de 25 g/t de colector. Por lo que la dosificación de Z11 dependerá de la dosificación de los colectores.

Seguidamente se adjunta la plantilla estadística de diseño factorial fraccionado a la mitad, de la cual se guiará para realizar las pruebas:

**Tabla 19:** Plantilla estadística de diseño factorial 2<sup>n</sup>

Prueba	X1	X2	X3	X4
1	-1	-1	-1	-1
2	1	1	-1	-1
3	1	-1	1	-1
4	-1	1	1	-1
5	1	-1	-1	1
6	-1	1	-1	1
7	-1	-1	1	1
8	1	1	1	1

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

**Tabla 20:** Plantilla estadística de diseño factorial 2<sup>n</sup>

Prueba	X1	X2	X3	X4
1	-1	-1	-1	-1
2	1	1	-1	-1
3	1	-1	1	-1
4	-1	1	1	-1
5	1	-1	-1	1
6	-1	1	-1	1
7	-1	-1	1	1
8	1	1	1	1

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

Luego se adjunta la misma plantilla con los valores reales de las variables y valores del estándar.

**Tabla 21:** Plantilla estadística de diseño factorial con datos reales

Prueba	A-3418	D-468	D-571	D-527E	Z11
1	0	0	0	0	25
2	5	5	0	0	15
3	5	0	5	0	15
4	0	5	5	0	15
5	5	0	0	5	15
6	0	5	0	5	15
7	0	0	5	5	15
8	5	5	5	5	5

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

Para el caso de planta Mahr Túnel se tendrá un Factor Metalúrgico favorable (F.M fav), que tendrá la siguiente fórmula:

$$FM_{fav} = F.M.Pb + F.M.Ag - F.M.Zn - F.M.Fe.$$

Este factor metalúrgico considera la metalurgia de plomo y plata restando los desplazamientos de los contaminantes de Zn y Fe.

#### 4.4.1.2. Para planta Andaychagua:

Se preparó 8 muestras de 1kg de mineral que ingresa al molino primario a 100% -malla 10. Cuya ley de cabeza es (baja ley):

**Tabla 22:** Ley de cabeza de la planta andaychagua

LEYES				
%Cu	%Pb	%Zn	Oz/TM Ag	%Fe
0,10	0,18	0,86	38	7,16

Nota: El análisis químico elaborado por el tesista

Se preparó los reactivos de flotación, los cuales incluye los reactivos estándares y los reactivos a evaluar. A continuación, se muestra el estándar de flotación bulk para Andachagua, y los reactivos a evaluar con su rango de dosificaciones:

**Tabla 23:** Dosificación de reactivos estándar en planta Andaychagua

ESTANDAR ANDAYCHAGUA							Reactivos				
Etapas	Tiempo	pH	Condiciones de operación				A-3418	0	3		
			ZnSO4	NaCN(1) ZnO(2)	Z11(3) +Z6(1)	X231				CuSO4	H53
Molienda	6		74,83	51,8		7			D-571	0	3
Acondicionamiento	1	10							D-527E	0	3
Espumas I Bulk	3						40		Z11/Z6	15	

Nota: Tabla elaborada por el tesista

En la etapa de flotación las pruebas se realizaron según como indica la tabla respetando los siguientes criterios: a) En cada prueba se tendrá un valor mínimo y máximo (0 a 3), por cada reactivo “X” a evaluar, y será completado con un reactivo estándar hasta un total establecido, que será permanente en todas las pruebas. Por ejemplo, en caso de los colectores de plomo -plata (rango de 0 a 3), será completado con Z11/Z6 hasta un total de 15 g/t de colector. Por lo que la dosificación de Z11/Z6 dependerá de la dosificación de los colectores variables.

La plantilla de la tabla 21 es el que se usó, para el mineral de Mahr Túnel: Diseño factorial fraccionado a la Mitad  $2^4$  (4-1).

Luego se adjunta la plantilla con los valores reales de las variables y valores del estándar.

**Tabla 24:** Plantilla de valores reales de las variables

Prueba	A-3418	D-468	D-571	D-527E	Z11
1	0	0	0	0	15
2	3	3	0	0	9
3	3	0	3	0	9
4	0	3	3	0	9
5	3	0	0	3	9
6	0	3	0	3	9
7	0	0	3	3	9
8	3	3	3	3	3

Nota: La plantilla elaborada por el tesista.

Para el caso de planta Andaychagua se Tendrá un Factor Metalúrgico favorable (F.M fav), el cual considera todos los F.M de elementos valiosos; por lo que tendrá la siguiente fórmula: **FMfav = F.M.Cu + F.M.Pb + F.M.Ag - F.M.Zn - F.M.Fe**. Este factor metalúrgico considera la metalurgia de cobre, plomo y plata restando los desplazamientos de los contaminantes de Zn y Fe.

#### 4.4.1.3. Para planta Andaychagua:

Se preparó 8 muestras de 1kg de mineral que ingresa al molino primario a 100% -malla 10. Cuya ley de cabeza es (baja ley):

**Tabla 25:** Leyes de cabeza de la planta Victoria

LEYES				
%Cu	%Pb	%Zn	Oz/TM Ag	%Fe
0,08	0,63	5,04	95	12,92

Nota: El análisis químico elaborado por el tesista

Se preparó los reactivos de flotación, los cuales incluye los reactivos estándares y los reactivos a evaluar, seguidamente, se muestra el estándar de flotación bulk para La Victoria, y los reactivos a evaluar con su rango de dosificaciones:

**Tabla 26:** Dosificación de reactivos estándar en planta La Victoria

Etapas	Tiempo	pH	ESTANDAR LA VICTORIA					Reactivos				
			ZnSO4	NaCN	Z11	Z6	X-231	MIBC	D-468	D-571		
Molienda	5	8,5	48	20								
Flotación Bulk	1											
Rougher I	1,5				12,5			29	X-231			6

Nota:Tabla elaborada por el tesista

En la etapa de flotación las pruebas se realizaron según como indica la tabla respetando los siguientes criterios:

- a) En cada prueba se tendrá un valor mínimo y máximo (0, 1), por cada reactivo "X" a evaluar, y será completado con un reactivo estándar

hasta un total establecido, que será permanente en todas las pruebas. Por ejemplo, en caso de los colectores de plomo - plata (rango de 0 a 1), será completado con X-231 hasta un total de 6 g/t de colector. Por lo que la dosificación de X-231 en esta prueba dependerá de la dosificación de los colectores variables.

Se adjunta la plantilla estadística de diseño factorial  $2^3$ , de la cual se guiará para realizar las pruebas:

**Tabla 27:** Plantilla estadística de la planta La Victoria

Prueba	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

Se adjunta la plantilla con los valores reales de las variables y valores del estándar.

**Tabla 28:** Plantilla de valores reales de las variables planta La Victoria.

Prueba	A-3418	D-468	D-571	X-231
1	0	0	0	6
2	1	0	0	5
3	0	1	0	5
4	1	1	0	4
5	0	0	1	5
6	1	0	1	4
7	0	1	1	4
8	1	1	1	3

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

Para el caso de planta La Victoria se también se tendrá un factor metalúrgico favorable (F.M fav), el cual considera todos los F.M de elementos valiosos; por lo que tendrá la siguiente fórmula:

$$FM_{fav} = F.M.Cu + F.M.Pb + F.M.Ag - F.M.Zn - F.M.Fe.$$

Este factor metalúrgico considera la metalurgia de cobre, plomo y plata restando los desplazamientos de los contaminantes de Zn y Fe.

#### 4.4.2. Análisis de resultados

##### 4.4.2.1. Para planta Mahr Túnel:

Para llevar a un análisis de resultados se va tener que obtener el factor metalúrgico favorable de cada una de las plantas investigadas es decir Marh Túnel, Andaychagua y La Victoria. En el cual vamos a notar el efecto de cada reactivo como son: A-3418, D-468, D-571, D-527E, que ha tenido en cada planta concentradora. Empezamos el análisis con la planta concentradora Marh Túnel, seguida de Andaychagua y por último La Victoria.

**Tabla 29:** Plantilla real con la función respuesta planta Marh Tunel

Prueba	A-3418	D-468	D-571	D-527E	F.M.
1	0	0	0	0	3609,18
2	5	5	0	0	3848,43
3	5	0	5	0	3930,62
4	0	5	5	0	4297,60
5	5	0	0	5	4165,74
6	0	5	0	5	4036,26
7	0	0	5	5	3577,38
8	5	5	5	5	4655,33

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

Resultados estadísticos: Se ha llevado a una plantilla de un estadístico para determinar el factor metalúrgico favorable.

**Tabla 30:** Factor Metalúrgico favorable de la planta Marh Túnel

Factor Favorable 1.5 Minutos				
Constante	3491.99			
Error Típico de est Y	319.33			
R cuadrado	0.8			
N° de observaciones	8			
Grados de libertad	3			
	<b>A-3418</b>	<b>D-468</b>	<b>D-571</b>	<b>D-527E</b>
Coefficientes X	53.98	77.74	40.07	37.44
Error típico del coef	45.16	45.16	45.16	45.16
T-student	1.40	1.72	0.89	0.83

Nota: Estadístico de la planta Marh Túnel

Nuestra regresión muestra un 80% de nivel de confianza en aproximación ( $R^2$ ); el cual es el valor mínimo de regresión para tomar a los estadísticos como valores representativos.

La t-student de la tabla al 95% de nivel de confianza en significancia es de 1,86, para 8 pruebas; por lo cual en valor absoluto no nos quedaría ninguna. Pero para compararlo en esta prueba con A-3418, vamos a tener que utilizar un valor de Tabla con 90% de confiabilidad en significancia, el cual es 1,39, el cual nos quedaría en valor absoluto nos quedaría A-3418, D-468.

**El estadístico positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 y el D-468 son los que más favorecen a un buen F.M fav, y el específicamente el D-468 con mucha más fuerza.**

Debido a un  $R^2 < 0,8$  y al haber tomado un nivel de confianza en significancia de 90%, estos resultados son referenciales; por lo que se tendrá que realizar nuevas pruebas, pero solo con estos reactivos significativos.

#### 4.4.2.2. Para la planta Andaychagua:

##### Plantilla real con la función respuesta:

**Tabla 31:** Plantilla real con la función respuesta planta Andaychagua

Prueba	A-3418	D-468	D-571	D-527E	F.M. favor.
1	0	0	0	0	700,64
2	3	3	0	0	684,53
3	3	0	3	0	660,66
4	0	3	3	0	477,53
5	3	0	0	3	643,30
6	0	3	0	3	590,75
7	0	0	3	3	341,01
8	3	3	3	3	565,32

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

##### Resultados estadísticos:

**Tabla 32:** Factor Metalúrgico favorable de la planta Andaychagua

ANDAYCHAGUA: Metalúrgia Factor Favorable 1.5 Minutos				
Constante	650.63			
Error Típico de est Y	80.68			
R cuadrado	0.85			
N° de observaciones	8			
Grados de libertad	3			
	<b>A-3418</b>	<b>D-468</b>	<b>D-571</b>	<b>D-527E</b>
Coefficientes X	36.99	-2.29	-47.89	-31.92
Error típico del coef	19.02	19.02	19.02	19.02
T-student	1.95	-0.12	-2.52	-1.68

Nota: Estadístico de la planta Andaychagua

Nuestra regresión muestra un 85% de nivel de confianza en aproximación ( $R^2$ ); el cual es el valor de regresión confiable para tomar decisiones en base a los valores estadísticos.

El t-student de la tabla al 95% de nivel de confianza en significancia es de 1,86, para 8 pruebas; por lo cual en valor absoluto solo nos quedaría A-3418 y D-571E.

No sería necesario compararlo con las demás variables bajando su valor de confiabilidad en tabla de t-student, ya que las demás

variables tienen un valor negativo, y además se tiene un factor confiable de ajuste de regresión de 0,85.

El estadístico positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 es el que favorece a un buen F.M fav, sin competencia con los demás reactivos.

#### 4.4.2.3. Para la planta La Victoria:

##### Plantilla real con la función respuesta:

**Tabla 33:** Plantilla real con la función respuesta planta La Victoria

Prueba	A-3418	D-468	D-571	F.M. favor.
1	0	0	0	4561,69
2	1	0	0	4997,99
3	0	1	0	4779,96
4	1	1	0	4848,65
5	0	0	1	4617,00
6	1	0	1	4738,67
7	0	1	1	4402,02
8	1	1	1	4469,32

Nota: La plantilla elaborada por el tesista

##### Resultados estadísticos:

**Tabla 34:** Factor Metalúrgico favorable de la planta Victoria

VICTORIA: Metalurgia Factor Favorable 1.5 Minutos			
Constante	4760.52		
Error Tipico de est Y	144.89		
R cuadrado	0.85		
Nº de observaciones	8		
Grados de libertad	4		
	<b>A-3418</b>	<b>D-468</b>	<b>D-571</b>
Coefficientes X	175.22	-102.12	-242.05
Error típico del coef	102.46	102.46	102.46
T-student	1.71	-1.00	-2.36

Nota: Estadístico de la planta Victoria

Nuestra regresión muestra un 85% de nivel de confianza en aproximación ( $R^2$ ); el cual es el valor de regresión confiable para tomar decisiones en base a los valores estadísticos.

El t-student de la tabla al 95% de nivel de confianza en significancia es de 1,86, para 8 pruebas; por lo cual en valor absoluto solo nos quedaría D-571.

Bajando el nivel de confiabilidad del estadístico a un 90% (t-student de tabla = 1,39) podemos inferir que tenemos dos variables que tiene gran significancia en la función F.M fav, y es A-3418 y D-571.

**El estadístico positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 es el que favorece a un buen F.M fav, sin competencia con los demás reactivos.**

## CONCLUSIONES

1. Se realizó la dosificación de reactivos A-3418, D-468 logrando una recuperación más eficiente en la planta concentradora Marh Tunel, y a la vez optimizando el uso de CAL logrando reducir costos en la operación ya que estos reactivos a su vez cumplen la función de establecer un Ph óptimo para v la flotación.

Flotacion Convencional				Flotacion A-3418			
	pH	cc/min	g/ton		pH	cc/min	g/ton
CAL	11.53		1500	CAL	9.5		0
XANTATO		910		A-3418		18	10.8
CuSO <sub>4</sub>		6500		CuSO <sub>4</sub>		5000	240
MIBC		45		MIBC		25	15

2. La dosificación de los reactivos en las plantas concentradoras de Marh Tunel, Andaychagua y Victoria fueron: A-3418, D-468, D-571, D-527E y X-231, los cuales fueron de estudio.
3. Referente a los estadísticos del factor metalúrgico favorable se puede concluir en:
  - a) El estadístico del Factor Metalúrgico de la Planta Marh túnel es positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 y el D-468 son los que más favorecen a un buen F.M fav, y el específicamente el D-468 con mucha más fuerza.
  - b) El estadístico del factor Metalúrgico Favorable de la Planta Andaychagua es positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 es el que favorece a un buen F.M fav, sin competencia con los demás reactivos.
  - c) El estadístico del factor Metalúrgico Favorable de la Planta Victoria es positivo significa que favorece a la función respuesta, y el negativo lo contrario. Por lo

tanto, viendo la tabla anterior se concluye que el A-3418 es el que favorece a un buen F.M fav, sin competencia con los demás reactivos.

4. El reactivo A-3418 es el que tiene mayor preponderancia en las tres plantas concentradoras.

## **RECOMENDACIONES**

1. La comparación de la dosificación de reactivos en las plantas concentradoras de Yauli debe de continuar para estandarizar el consumo por parte de Volcan Compañía Minera.
2. Los reactivos dosificados para una nueva comparación tendrán que ser depresores para controlar la actividad del zinc en la flotación de plomo-plata.
3. Cada día se encuentra en el mercado nuevos reactivos como xantatos, depresores, activadores, floculantes la tendencia actual es emplear reactivos que sean amigables al medio ambiente.
4. El colector D-248 debe de ser investigado con más frecuencia ya que presenta un factor metalúrgico favorable.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. <https://www.mogroup.com/es/informacion/blog/mineria-y-refinacion-de-metales/la-importancia-del-proceso-de-flotacion-de-minerales/>
2. <https://armmaz.com/es/productos/mineria/colectores/>
3. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426360705002/html/>
4. <https://es.slideshare.net/blasarauco/reactivos-18425583>
5. ALVARADO DAVILA Carlos Manuel (2016)  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9952>
6. GAVANCHO VALDERRAMA Junior David y JIMÉNEZ CARHUAMA Frank Osmán (2018)  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1094/browse?value=Gavancho+Valderrama%2C+Junior+David&type=author>
7. 911 METALLURGICAL-FLOTACION (2019)  
<https://www.911metallurgist.com/metallurgia/category/flotacion/page/3/>
8. DOW CHEMICAL - FUNDAMENTOS DE LA FLOTACIÓN  
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://es.firpla.org/wpcontent/uploads/2019/06/S335A.Flotation.pdf&ved=2ahUKEwib16XJ-aP6AhXhILkGHbz3D64QFnoECB8QAQ&usg=AOvVaw0Gm9lk6I9WbRQhj9AWd6aM>
9. JOSE MANZANEDA CABALA  
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG14-090.pdf&ved=2ahUKEwjclYeP-qP6AhXCHrkGHU7jALEQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw1-IIAZZcEa8p7RjsjOJm89>

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BUENO BULLON, Héctor. (2003). Técnica Experimental e Ingeniería Básica en Plantas Concentradoras, 1º Edición.
2. MANZANEDA CABALA, José. (2000), Diseño experimentales – Microscopía de minerales Editorial San Marcos. Lima – Perú.
3. QUIROZ NUÑEZ, Iván. (1986). Ingeniería Metalúrgica Operaciones Unitarias en Procesamiento de minerales. Perú.
4. SUTULOV Alexander, (2005). Flotación de Minerales, Instituto de investigaciones Tecnológicas, Concepción.
5. TECSUP. (2010). Actualización en Procesos de Tratamiento de Minerales, Arequipa.
6. WILLS, Barry y Tim NAPIER-MUNN. Tecnología de procesamiento de mineral. Séptima edición. Estados Unidos de América: Elsevier Science & Technology Books. Pp.378-389.
7. Dow Chemical (2019) Reactivos de flotación para minería.
8. Renasa (2018) Reactivos de flotación.
9. Metallurgist & Mineral Processing Engineer (911metallurgist.com).

# **ANEXOS**

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Muestras para las pruebas metalúrgicas

Planta Marh Tunel			N°	Detalle	Peso /kg)
N°	Detalle	Peso (kg)			
1	Compósito	2.02	9	Compósito	2.94
2	Compósito	3.22	10	Compósito	3.02
3	Compósito	2.45	11	Compósito	2.94
4	Compósito	3.48	12	Compósito	2.22
5	Compósito	3.97	13	Compósito	2.45
6	Compósito	3.28	14	Compósito	2.49
7	Compósito	3.61	15	Compósito	2.67
8	Compósito	3.55	16	Compósito	2.70
9	Compósito	4.13	17	Compósito	2.81
10	Compósito	3.45	18	Compósito	3.09
11	Compósito	3.72	<b>Planta Victoria</b>		
			1	Compósito	2.53
12	Compósito	3.21	2	Compósito	2.56
13	Compósito	3.22	3	Compósito	2.55
14	Compósito	3.34	4	Compósito	2.77
15	Compósito	3.37	5	Compósito	2.78
16	Compósito	3.58	6	Compósito	2.74
17	Compósito	4.06	7	Compósito	2.98
18	Compósito	3.67	8	Compósito	2.79
<b>Planta Andaychagua</b>			9	Compósito	2.70
1	Compósito	3.95			
2	Compósito	3.82			
3	Compósito	2.35	11	Compósito	2.64
4	Compósito	2.65	12	Compósito	2.90
5	Compósito	2.46	13	Compósito	2.73
6	Compósito	3.38	14	Compósito	2.68
7	Compósito	2.57	15	Compósito	2.54
8	Compósito	2.55	16	Compósito	2.55

Anexo: Procedimiento de validación y confiabilidad:



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

## FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del Juez experto:  
*CONDOR GARCIA HILDEBRANDO ANIVAL*
- 1.2. DNI N° *19805729*
- 1.3. Especialidad, Cargo e institución donde labora:  
*INGENIERO DE METALURGIA - UNDAC*  
*DOCENTE*
- 1.4. Grado del Juez experto:  
*DOCTOR EN CIENCIAS*
- 1.5. Nombre del proyecto del instrumento o motivo de evaluación:  
*DOSESIFICACION DE REACTIVOS (COLECTORES)  
Y COMPARACION DE RESULTADOS METALURGICOS  
EN VOLCAN COMPAÑIA MINERA - YAULI - JUNIN - 2020*
- 1.6. Autor del instrumento:  
*DAVID ARTURO LOPEZ TICSE*
- 1.7. Juicio de experto (Indicaciones):
1. La opinión que usted brinde es personal y sincera
  2. Marque con una "X" dentro del recuadro de valoración, sólo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre los instrumentos de investigación.
- 1.8. Instrumentos de investigación:
- A: Se aplicará la metodología de cuestionario:
- Sectorización en el frente del trabajo.
  - Programación de los trabajos de investigación.
  - Programación de seguimiento de trabajo de investigación.

### II. EVALUACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	TIPO DE VALORACIÓN				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y comprensible				X	
2. Objetividad	Permite medir hechos observables y están acorde con los objetivos planteados				X	

3. Actualidad	Los instrumentos miden los indicadores que pretende medir					X
4. Organización	Presentación ordenada					X
5. Suficiencia	Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos sobre comprensión especial (identifica, señala y ubica)				X	
7. Consistencia	Los objetivos y las variables están formuladas de acuerdo que puedan ser medibles y comprobados				X	
8. Coherencia	Entre los problemas, objetivos, variables e hipótesis				X	
9. Metodología	Se aplica la metodología de cuestionario como herramienta en la fase de planificación y responde al propósito de la investigación					X
10. Aplicación	Los datos permiten un trabajo seguro y pertinente.				X	

Fuente: Elaborado por el tesista.

Muchas gracias por su respuesta.

31 de agosto del 2022

  
Firma del Juez experto

Nombre y apellido: HILDEBRANDO A. CONDOR GARCIA

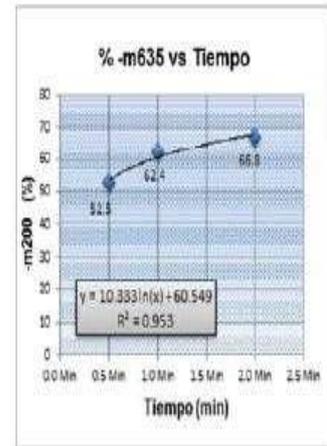
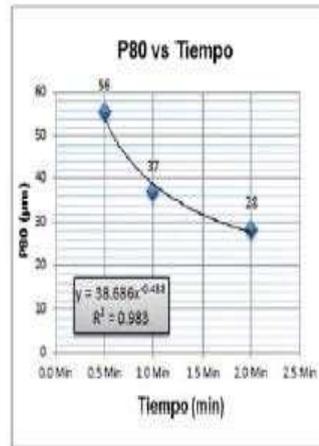
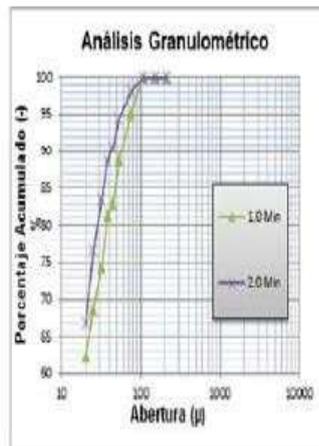
DNI: 19805729

## Análisis Granulométrico de la Planta Marh Tunnel

Malla (Tyler)		ACUMULADO PASANTE (%)		
Serie Tyler	Abertura (µm)	0.5 Min	1.0 Min	2.0 Min
65	212	100.0	100.0	100.0
100	150	100.0	100.0	100.0
150	106	100.0	100.0	100.0
200	75	92.9	95.2	98.2
270	53	78.1	88.9	94.5
325	44	72.5	83.0	90.6
400	38	70.3	81.4	88.8
450	32	64.9	74.5	83.5
500	25	60.2	68.7	76.6
635	20	52.5	62.4	66.8
-635	-20	0.0	0.0	0.0

Tiempo	% -m450	% -m500	% -m635	P80
minutos	32 µm	25 µm	20 µm	(µm)
0.5 Min	64.9	60.2	52.5	56
1.0 Min	74.5	68.7	62.4	37
2.0 Min	83.5	76.6	66.8	28
3.0 Min	89.3	83.7	76.0	23

Tiempo, f(P80)		
P80	Tiempo (min)	%-m635
56	0.47	53
55	0.49	53
37	1.11	62
28	1.90	67

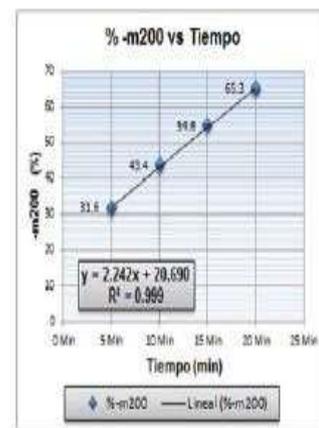
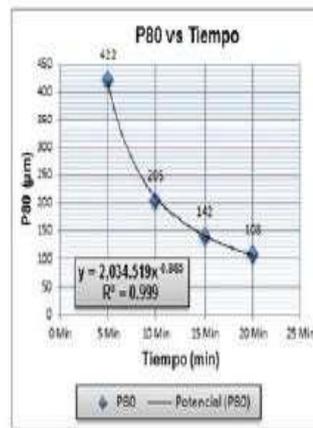
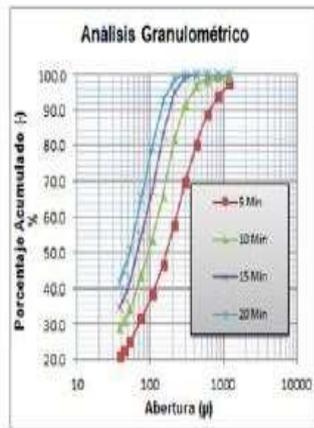


## Análisis Granulométrico de la Planta La Victoria

Malla (Tyler)		ACUMULADO PASANTE (%)			
Serie Tyler	Abertura (µm)	5 Min	10 Min	15 Min	20 Min
14	1180	97.4	99.7	100.0	100.0
20	850	94.0	99.3	100.0	100.0
28	600	88.8	98.7	99.9	100.0
35	425	80.2	97.0	99.8	100.0
48	300	69.5	91.6	99.1	100.0
65	212	57.7	81.6	95.1	98.8
100	150	46.6	66.3	82.8	92.8
150	106	38.1	53.7	67.2	79.5
200	75	31.6	43.4	54.6	65.3
270	53	25.0	34.4	42.0	50.4
325	44	22.4	30.8	37.4	45.1
400	38	20.9	28.9	34.7	41.8
400	-38	0.0	0.0	0.0	0.0

Tiempo	% -m100	%-m200	%-m400	P80
minutos	150 µm	75 µm	38 µm	(µm)
5 Min	46.6	31.6	20.9	422
10 Min	66.3	43.4	28.9	205
15 Min	82.8	54.6	34.7	142
20 Min	92.8	65.3	41.8	108

Tiempo, f(% -m200)		
% -m200	Tiempo (min)	P80 (µm)
32	4.87	428
43	10.13	208
55	15.13	140
60	17.53	121
65	19.88	107



**Fotografías del trabajo en laboratorio**



## Fotografías del trabajo en laboratorio



## Fotografías del trabajo en laboratorio

