

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



"Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica"

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**FLOTACIÓN DE MINERALES ARGENTÍFEROS PARA LA
CONCENTRACIÓN DE PLATA A NIVEL EXPERIMENTAL**

"TESIS"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO METALURGICO

Autor:

FLORES BUSTOS, CATHERINE JULIA

Asesor:

ING. RUIZ SÁNCHEZ, BERARDO BEDER.
C.I.P. N° 26627

Huacho - Perú
2018

**“FLOTACIÓN DE MINERALES ARGENTÍFEROS PARA LA
CONCENTRACIÓN DE PLATA A NIVEL EXPERIMENTAL”**

.....
M(o) IPANAQUE ROÑA, JUAN MANUEL
Presidente

.....
M(o) RODRIGUEZ ESPINOZA,
RONALD FERNANDO
Secretario

.....
M(o) ABARCA RODRIGUEZ,
JOAQUIN JOSÉ.
Vocal

.....
Dr. RUIZ SÁNCHEZ, BERARDO BEDER
Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, que siempre ha sido una persona a seguir, en toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

PENSAMIENTO

“De todos los animales de la creación el hombre es el único que bebe sin tener sed, come sin tener hambre y habla sin tener nada que decir”

John Steinbeck

ÍNDICE

Caratula	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PENSAMIENTO.....	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURA	x
ÍNDICE DE TABLA.....	xi
ÍNDICE DE ANEXO	xii
GLOSARIO DE ABREVIATURA.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	17
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problema específico.	18
1.3. Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1. Objetivos generales.	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación de la investigación.....	19
1.5. Delimitación del estudio.....	19

1.5.1.	Delimitación territorial.....	19
1.5.2.	Delimitación tiempo y espacio.....	19
1.5.3.	Delimitación de recursos.....	19
1.6.	Viabilidad del estudio.....	19
CAPITULO II		21
MARCO TEORICOS.....		21
2.1	Antecedentes de la investigación.....	21
2.2.1.	Investigación relacionada con el estudio.....	21
2.2.2.	Otras publicaciones.....	26
2.3.	La Flotación.....	28
2.3.1.	Etapas en el proceso de la flotación.....	30
2.3.2.	Variables de Flotación.....	31
2.3.3.	Variables relacionadas a los componentes químicos.....	32
2.3.4.	Variables que dependen de los componentes de operación.....	38
2.3.5.	Flotación de Minerales Sulfuros.....	40
2.4.	Definiciones de conceptos.....	41
2.5.	Formulación de hipótesis.....	42
2.5.1.	Hipótesis general.....	42
2.5.2.	Hipótesis específicas.....	42
3.1.	Operacionalización de variables.....	43
CAPITULO III		44
METODOLOGÍA		44
3.2.	Diseño metodológico.....	44
3.2.1.	Tipo de investigación.....	44
3.1.1.	Nivel de Investigación.....	44

3.1.2.	Diseño de la Investigación.	44
3.1.1.	Enfoque de investigación.	45
3.3.	Población muestra y tamaño de muestra.	45
3.3.1.	Población.	45
3.3.2.	Muestra.	45
3.3.3.	Tamaño de muestra.	45
3.4.	Técnica de recolección y procesamiento de datos.	46
3.4.1.	Fuentes.	46
3.4.2.	Técnicas.	46
3.4.3.	Instrumentos.	46
3.4.4.	Procesamiento de datos.	47
CAPITULO IV		48
RESULTADOS		48
4.1.	Condiciones de trabajo.	48
4.1.1.	Mineralogía y ensayo químico.	48
4.1.2.	Reactivos empleados en el proceso de molienda y flotación	49
4.1.3.	Diseño del proceso de flotación.	51
4.2.	Resultados.	53
4.2.1.	Resultado de la prueba de flotación de plata 15.	53
4.2.2.	Resultado de la prueba de flotación de plata 16.	54
4.2.3.	Resultados de las 16 pruebas realizados.	55
4.2.4.	Análisis grafico del proceso de flotación de plata.	56
CAPITULO V		66
DISCUSIÓN CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN		66
5.1.	Discusión.	66

5.2. Conclusiones.....	69
5.3. Recomendaciones.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXO.....	75

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Esquema de adhesión selectiva.....	28
Figura 2. Diagrama de las tensiones superficiales que intervienen en el contacto de las fases gas, líquido y sólida.....	29
Figura 3 Clasificación de los reactivos de flotación.....	32
Figura 4. Flotación de minerales de cobre según el tamaño de grano.....	40
Figura 5 Esquema de experimento y variable	45
Figura 6 Diseño del proceso de molienda y flotación de plata prueba 15.....	51
Figura 7 Diseño del proceso de molienda y flotación de plata prueba 16.....	52
Figura 8 Consumo de cal y Z-11 en la recuperación de la plata	56
Figura 9 Espumante y Z-11 en la recuperación de la plata	57
Figura 10 Espumante y cal en la recuperación de la plata	58
Figura 11 A-3894 y NaCN en la recuperación de la plata	59
Figura 12 A-3894 y A-404 en la recuperación de la plata	59
Figura 13 Metabisulfito de sodio y A-404 en la recuperación de la plata.....	60
Figura 14 A-3894 y NaCN en la concentración de la plata.....	61
Figura 15 A-3894 y metabisulfito de sodio en la concentración de la plata	61
Figura 16 A-3894 y A-404 en la concentración de la plata.....	62
Figura 17 Metabisulfito de sodio y NaCN en la concentración de la plata.....	63
Figura 18 Cal y Z-11 en la concentración de la plata.....	63
Figura 19 Z-11 y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata	64
Figura 20 tiempo y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata.....	65

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Territorio - Investigación	19
Tabla 2: Operacionalización de Variables en estudio.	43
Tabla 3 Minerales comunes en la muestra en estudio	48
Tabla 4 Ensayes químicos	48
Tabla 5 Reactivos empleados en la molienda y flotación prueba 15	49
Tabla 6 Reactivos empleados en la molienda y flotación prueba 16	50
Tabla 7 Resultado de la concentración por flotación de la plata prueba 15.....	53
Tabla 8 Resultado de la recuperación por flotación de la plata prueba 15.....	53
Tabla 9 Resultado de la concentración por flotación de la plata prueba 16.....	54
Tabla 10 Resultado de la recuperación por flotación de la plata prueba 16.....	54
Tabla 11 Resultado de la recuperación por flotación de las 16 prueba.....	55

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Diseño del proceso de flotación experimental 15.....	76
Anexo 2: Diseño del proceso de flotación experimental 16.....	76
Anexo 3 Reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata.....	77
Anexo 4 Efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata	78
Anexo 5 Coeficientes efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata	78
Anexo 6 Reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata	80
Anexo 7 Efecto de los reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata.....	81
Anexo 8 Coeficiente de los efectos de los reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata	81
Anexo 9 reactivos empleados de la prueba 15	82
Anexo 10 reactivos empleados de la prueba 16	82
Anexo 11 Efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la concentración de la plata	83
Anexo 12 Efecto de los reactivos depresores y promotores en la concentración de la plata ..	84
Anexo 13 Balance metalúrgico de la prueba 15.....	85
Anexo 14 Balance metalúrgico de la prueba 16.....	85
Anexo 15 Reactivos usados en las 16 pruebas experimentales.....	86

GLOSARIO DE ABREVIATURA

\$us/ton	: Dólares por toneladas
%	: Porcentaje
&	: i
µm	: Micras
d80	: Ochenta por ciento pasante a una determinada malla
g/cm ³	: Gramos por centímetros cúbicos
g/l	: Gramos por litro
g/t	: Gramos por toneladas
g/TM	: Gramo por tonelada métrica
gpm	: Galones por minutos
kg/TM	: Kilogramos por toneladas métricas
kg/ton	: Kilogramos por toneladas
-m200	: Pasante a malla 200
m ³ /h	: Metros cúbicos por hora
min	: Minutos
onz/t	Onzas por tonelada
Pa	: Pascal
pág.	: Pagina
págs..	: Paginas
pH	: Potencial de hidrogeno
ppm	: Parte por millón
psi	: Libras por pulgadas cuadradas
s/f	: Sin fecha
USGS	: Servicio geológico de los estados unidos

RESUMEN

El proceso de flotación de minerales argentíferos para la concentración de plata a nivel experimental, tiene por la finalidad de evaluar los reactivos, tiempo y el circuito de flotación que nos permita obtener un concentrado adecuado en el tratamiento de minerales de plata de baja ley. El presente trabajo se realiza en la empresa Volcán, la investigación realizado es una investigación cuantitativa experimental, predictivo generador de resultados. El mineral tratado tiene una ley de cabeza de 11.35 onz/t de Ag, 0.248% Cu, 33% Fe, 0.945% Pb y 0.299% Zn. El mejor resultado obtenido de la prueba 16 son la prueba es la 15 y 16, teniendo para prueba 15 una calidad final de concentrado de 68.10 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 39.67 onz/t de plata con una recuperación de 47.38%, en un periodo de 85 minutos. mientras que para la prueba 16 tiene una calidad final de concentrado de 94.59 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 28.42 onz/t de plata con una recuperación de 77.53% en un periodo de 105.30 minutos.

Palabra clave: concentración de plata, flotación de plata, recuperación por flotación de plata.

ABSTRACT

The process of flotation of silver minerals for the concentration of silver at experimental level, has for the purpose of evaluating the reagents, time and the flotation circuit that allows us to obtain an adequate concentrate in the treatment of low-grade silver ores. The present work is carried out in the company Volcán, the research carried out is an experimental quantitative research, a predictive generator of results. The ore treated has a head law of 11.35 oz / t Ag, 0.248% Cu, 33% Fe, 0.945% Pb and 0.299% Zn. The best result obtained from test 16 is the test is 15 and 16, having for test 15 a final quality of concentrate of 68.10 oz / t of silver with a recovery of 27.46%, and the rougher concentrate has a quality of 39.67 oz. / t of silver with a recovery of 47.38%, in a period of 85 minutes. while for test 16 it has a final concentrate quality of 94.59 oz / t silver with a recovery of 28.42%, and the rougher concentrate has a quality of 28.42 oz / t silver with a recovery of 77.53% over a period of 105.30 minutes.

Key words: concentration of silver, silver flotation, recovery by silver flotation

INTRODUCCIÓN

Flotación de minerales argentíferos para la concentración de plata a nivel experimental, es un proceso físico químico de hidrofobicidad de las partículas que nos permiten la concentración por flotación por espuma de minerales de plata.

La plata es uno de los metales usado desde la antigüedad, su extracción junto con el oro, pero en mayor proporción por estar compuesto con otros elementos, en la época de los fenicios tenían fama las minas de plata, por su riqueza, y en la época de los romanos se explotaban la mayor parte de las minas, que se podían beneficiar de forma rentable. A la invasión de España al Perú se explotaron la mayor reserva de minas de plata, quedando reserva de minerales sulfurados y complejos.

La extracción prolongada de las minas de plata se agotó, quedando reserva de plata de baja ley junto con otros minerales como plomo, cobre, etc. estos yacimientos de baja ley tiene gran reserva por lo que es necesario su explotación para darle a valor agregado y que nos permitirá la concentración plata a nivel experimental para su posterior dimensionamiento.

el trabajo realizado busca la recuperación de minerales de plata donde los reactivos, tiempo y circuito de flotación busca encontrar la mejor condición para los minerales de baja ley y complejas de minerales de plata que se desde el punto de vista técnico que sea viable a las otras técnicas de extracción y que sea amigables al medio ambiente.

finalmente agradecemos a los representantes de la empresa Volcán que nos permitieron realizar este trabajo y a los docentes de la facultad de ingeniería química y metalurgia de la universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión de uno otra manera contribuyó para la realización del presente trabajo.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

Las minerales existente en los andes constituye una reserva importante para el Perú formado por minerales sulfuros, óxidos. A medida que se acaban las reservas de alta ley quedan minerales de baja ley con impurezas que intervienen en forma negativa en la flotación de las menas de interés por eso es necesario realizar las investigaciones que conllevan a la recuperación con las técnicas y métodos más adecuado económicamente.

Fundamentándose respectó a la reserva de la plata podríamos determinar en base a la indagación verificada entorno a minerales con presencia de menas de plata se puede afirmar que el “Perú tiene reservas de plata por 93,000 toneladas, cifra que convierte con mayores reservas en el mundo. Según datos del USGS, en el mundo existen reservas 530,000 toneladas métricas de plata, de las cuales, 18% están en el Perú” (Cegarra, 2018).

La “solubilidad de anglesita es 300 veces más que la cerusita, y se distingue por los cationes de plomo, mientras que la anglesita por el contrario se caracteriza por la ausencia de iones de plomo que lo determina su hidrofílico” Glembovsky (1,964) citado por (Azañero, y otros, s/f, pág. 37).

Por lo tanto, se busca técnicas y métodos para solucionar, ya que minera volcán II tiene este inconveniente con sus minerales de plata a razón de ello se plantea el problema que se describe en el problema general del estudio.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

¿Será posible el proceso de flotación de minerales argentíferos, para la concentración de plata a nivel experimental?

1.2.2. Problema específico.

- ¿En qué medida el tiempo tendrá influencia en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtener una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos?
- ¿En qué medida los reactivos de flotación actuaran en los minerales argentíferos, para obtener una calidad adecuado de concentrado de argentita?
- ¿En qué medida los circuitos de flotación para minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado?

1.3. Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivos generales.

Evaluar el proceso de flotación de minerales argentíferos, para la concentración de plata a nivel experimental.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Evaluar el tiempo adecuado en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtener una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos.
- Evaluar el uso de los reactivos de flotación en los minerales argentíferos, para obtener una adecuada calidad de concentrado de argentita.
- Evaluar los circuitos de flotación de minerales argentíferos, que nos permita obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado.

1.4. Justificación de la investigación.

Al llevar a cabo esta investigación sobre flotación de minerales argentíferos, para la concentración de plata a nivel experimental, nos permitirá encontrar los rangos y parámetros de los procesos de flotación, que garantice el trabajo industrial y sea rentable económicamente. Los Métodos, procedimientos y técnicas e instrumentos que se aplican en la presente demostrarán que se pueden desarrollar futuros trabajos de investigación.

1.5. Delimitación del estudio.

1.5.1. Delimitación territorial.

Tabla 1: Territorio - Investigación

País	: Perú
Departamento	Cerro de Pasco
Provincia	: Pasco
Distrito	: Huallay

1.5.2. Delimitación tiempo y espacio.

La investigación se realizará en la minera volcán en el año 2018.

1.5.3. Delimitación de recursos.

Falta de disponibilidad de recursos económicos para llevar a cabo el trabajo de investigación.

1.6. Viabilidad del estudio.

La realización de la presente investigación es viable, por cuanto se tiene los conocimientos teóricos, los medios técnicos y los recursos económicos necesarios. Así mismo,

está asegurado el acceso a lugares de las fuentes de la información requeridas; también se cuenta con la autorización correspondiente del jefe de la minera volcán, a efectos de llevar a cabo el correspondiente trabajo de campo.

CAPITULO II

MARCO TEORICOS

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.2.1. Investigación relacionada con el estudio.

2.1.1.1 Nacionales

En su investigación sobre, “influencia de la dosificación del metil isobutil carbinol y granulometría sobre la recuperación de oro y plata de una pirita de la zona de Otuzco, mediante flotación bulk2017” (Mendoza & Terán) concluyeron:

Que existe influencia significativa de la dosificación del metil isobutil carbinol y de la granulometría sobre el porcentaje de recuperación de oro y plata de una pirita de la zona de Otuzco, mediante flotación bulk. Se determinó la dosificación del metil isobutil carbinol óptima en la flotación de oro el cual fue de 60 g/TM de MIBC y para la plata también fue de 60 g/TM. Con respecto a la granulometría, el parámetro más adecuado para el oro se obtuvo a 60% - m 200 y para la plata a 70% - m 200, obteniéndose un valor de recuperación de 81.33 % para el oro y 89.45% para la plata.

Finalmente se concluye que mediante el análisis de varianza a un nivel de significancia de 95%, la dosificación de metil isobutil carbinol y la granulometría influyen significativamente en la recuperación de oro y plata, tanto de manera individual como en su interacción. (Mendoza & Terán, 2017, pág. 78).

Sobre, “Aumento de recuperación de plomo, zinc, plata en la concentración de los minerales de la mina de Quiruvilca” (Torres & Vargas) concluyeron que:

Las causas de los bajos rendimientos en los concentrados de Pb-Ag y Zn fueron:

- Que, se aplicaba un solo proceso de flotación para minerales “comunes” ó de Pb-Zn-Ag y de minerales “triples de Pb – Zn – Cu – Ag.
- Lo que, no puede ser posible porque los minerales de cada flujo presentan particularidades específicas como: dureza, leyes de cabeza, elementos penalizables, minerales de ganga y diversos contenidos de sulfato de cobre, óxidos de Pb y Zn, carbonatos de Zn; que son causantes de la dispersión de los elementos valiosos y/o bajas recuperaciones de los mismos.

Por lo que se propone, trabajar los diferentes flujos mineralizados por separado; el primero de mineral común, de más alta ley de cabeza y más dócil al tratamiento metalúrgico, pasará a etapa industrial. los otros dos flujos pasan a investigación intensiva – debido a que presenta diversos valores de Cu en su ley de cabeza y otros problemas metalúrgicos aún no resueltos.

Finalmente, para el tipo de mineral común, se propone mejorar sus recuperaciones proponiéndose dos modificaciones:

- Flotación primaria de plomo, cuyas pruebas a nivel de laboratorio resultarán positivas aumentando la recuperación del Pb – Ag.
- La remolienda de los medios de zinc, cuyas pruebas también resultarán positivas.

Se han determinado especies minerales, distribuidos en 3 flujos mineralizados donde cada uno:

- Tiene minerales de mena y ganga características.
- Tiene diferentes valores ó leyes de cabeza para cada elemento valioso.

- Tiene dureza diferente por lo que cada flujo mineral, se comporta de manera diferente para una misma molienda.

Cada uno de los flujos mineralizados, presenta diferentes recuperaciones para los elementos valiosos y por lo tanto diferentes rendimientos económicos, siendo el mejor el del flujo 1, de mineral común, elegido para el programa de reactivación, los otros dos flujos mineralizados dos y tres de mineral triple difícil y de mineral triple – dócil, respectivamente deberá pasar una etapa de investigación intensa.

El estudio de molienda en el mineral común, indica que la galena es más blanda y la escalerita más dura y, para recuperarse bien ambos elementos necesitan tiempos de moliendas diferentes.

Las pruebas de laboratorio, indican que habrá mejoras económicas que deberán lograrse con ajustes continuos de la operación en la planta, hasta lograr su óptimo rendimiento. para operar con la flotación primaria de plomo, se requiere de una inversión en una celda unitaria, cuyo tamaño deberá de definirse. de igual manera para la remolienda de los medios – gruesos de zinc, se necesita un molino de bolas, cuya dimensión ó inversión deberá calcularse (Torres & Vargas, 2012, págs. 103-105).

Para (Flores), en su “estudio metalúrgico para la recuperación de plata y oro en minerales polimetálicos” llego a la siguiente conclusión:

Los minerales empleados en este estudio tienen como valores importantes a la plata y el oro. Debido a que las recuperaciones de la plata y el oro por flotación son regulares (70% Ag y 60% Au), se han probado pruebas adicionales de gravimetría y cianuración de los relaves de flotación con los

cuales se han logrado obtener recuperaciones del oro y la plata que superan eficientemente el 90%. La combinación de pruebas de flotación con cianuración de los relaves son los que han dado mejores recuperaciones del oro y la plata, quedando como otra alternativa la combinación de gravimetría con flotación de los relaves de gravimetría (Flores, 2015).

2.1.1.2 Internacional

Para (Jiménez & Prieto), en su trabajo sobre “determinar el rendimiento de recuperación de oro y plata, aplicando un proceso combinado de flotación y cianuración a los relaves provenientes de las plantas de tratamiento gravimétrico del Condominio Sur Nambija”, concluyen:

- El análisis químico de cabeza de los relaves nos determina una concentración de Au = 1,286ppm y de Ag =1,388ppm.
- En el análisis mineralógico no se logra detectar Au y Ag debido a las leyes bajas tanto de Au = 1,286ppm como de Ag =1,388ppm; hay presencia de Pirita en un 2%, trazas de hematita y minerales de ganga 98%.
- El peso específico de los relaves es de $3,14\text{g/cm}^3$, considerándose así un material bastante denso.
- El mejor tiempo de molienda es de 32min con un $d_{80}=68,89\mu\text{m}$ (213,90mallas).
- En la flotación se obtuvo una recuperación de Au=96,44% y de Ag=70,07%, a $68,89\mu\text{m}$ de tamaño de grano.
- A pH 11 y concentración de CN^- 1,25g/l se obtuvieron las mejores recuperaciones de Au con el 73,83%, y para la Ag de 98,39%.

- El consumo de reactivos en el proceso de cianuración fue a parámetros de pH 11 y 1,25g/l concentración de CN^- , con un gasto de 1,28kg/ton de CN^- y 0.44kg/ton de cal.
- En las cinéticas de cianuración el mejor ensayo fue a pH 11 y concentración de CN^- 1.25g/l obteniéndose la mayor recuperación de 5 a 6 horas tanto para el oro y la plata (Jiménez & Prieto, 2011, pág. 44).

Para (Vivar & Bueno) en su investigación sobre, “Dosificación y determinación de los reactivos químicos para maximizar la recuperación de plata y plomo en armenonico”, concluyen; “que el empleo de Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , DF-250, AR1242, KAX, SIPX, NaCN y cal permite obtener una recuperación media de 85.81%” (Vivar & Bueno, 1995, pág. 229).

En su investigación (Cuenca) sobre, Concentración de oro de la mina “San Alfonso” mediante flotación con variación de granulometría y colectores, concluye:

Las muestras minerales, obtenidos de la empresa minera San Alfonso, permitieron desarrollar el análisis para conocer cuál es la mejor combinación de reactivos y granulometría a utilizar y obtener un mejor resultado para una mayor recuperación de los minerales de interés.

Se realizó el proceso de conminución, previo a la caracterización del material obtenido de la roca madre y procesado por el molino chileno y bayetas cuya granulometría es de malla 60, posteriormente en el laboratorio se efectuó el proceso de reducción del material para obtener los tamaños de malla 100 y 200, lo que permitió el proceso de flotación, para lo cual se combinó el Xantato Amílico de Potasio, Ditiofosfato AR-1404 y Ditiofosfato AR-1242 con las granulometrías 60, 100 y 200.

Finalmente se llegó a determinar que el Xantato Amílico de Potasio alcanzó las recuperaciones más bajas en toda la experimentación cuya concentración fue de 63,98%, en la malla 200. El colector Ditiofosfato AR-1242, obtuvo una recuperación superior al Xantato amílico de potasio con un valor del 71,42%, manteniendo una concentración superior en la malla 100, el cual da a notar que es la mejor granulometría a utilizar. La mejor recuperación la obtuvo el Ditiofosfato AR-1404 con una granulometría que pasa la malla 100 con el 81.73% de recuperación cuyo peso de concentrado es de 62 gramos y ley de 72.53 g/t, la eficiencia del colector, es gracias a la dosificación que recomienda el fabricante y la granulometría que se trabajó a nivel de laboratorio.

Como conclusión general, luego de haber obtenido los resultados del experimento, se determinó que la mejor alternativa para la recuperación de los minerales de interés es combinar el Ditiofosfato AR-1404 y la granulometría malla 100 (Cuenca, 2018, pág. 50).

2.2.2. Otras publicaciones.

En el trabajo de la investigación sobre “Mejoramiento de la recuperación de plata de los minerales de mina Poopó” (Tapia & Napoleón) concluyen que:

El análisis químico de la muestra global indica que es un mineral polimetálico de alta ley en zinc y plata, bajo contenido de plomo y elevado contenido en hierro. El análisis mineralógico muestra que el producto de la mina Poopó contiene principalmente minerales de zinc y plata, entonces se debe producir concentrados de plata y concentrados de zinc. Se ha logrado alcanzar el objetivo principal del estudio, mejorar la recuperación de la plata. El análisis

de la evolución de los resultados de las diferentes pruebas muestra que la recuperación de plata aumenta desde de la prueba de control inicial de 20.90% hasta alcanzar una recuperación de 42.32% en la sexta etapa de pruebas; pero al mismo tiempo el radio de concentración disminuye desde 192.13 hasta 47.05. La evaluación económica del valor del concentrado bruto producido, muestra una mejora sustancial desde 29.10 \$us/ton hasta 76.07 \$us/ton, lográndose un incremento de 46.97 \$us/ton. (Tapia & Napoleón, 2012, pág. 44)

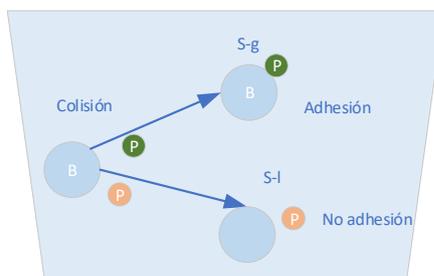
En la investigación sobre, “avances en la recuperación de oro y plata mediante flotación en escorias de procesamiento de menas de oro” (Hidalgo, Diaz, Bazán, & Sarquís) concluyeron que:

La flotación de la cola (residuo) obtenida de la separación gravimétrica (centrífuga Knelson) permite lograr una mejora de la recuperación de Au y de Ag. Las mejores condiciones para lograr una flotación de la escoria en estudio son: granulometría a 200 mallas, colectores: PAX (15.8 g/t); F-C5439 (18.75 g/t), espumante MIBC (12.5 g/t) y un tiempo de flotación de 8.5 minutos. Bajo estas condiciones se alcanzan recuperaciones del 87.7 % Au y un 47.4 % de Ag, del contenido residual de la cola gravimétrica T1. A través del diseño experimental planteado, se encuentra que estas condiciones son favorables para recuperar 268.35 g/t de Au y 255.67 g/t de Ag, con concentración centrífuga y 5.66 g/t de Au y 41.53 g/t de Ag mediante la aplicación de flotación en la cola gravimétrica T1. (Hidalgo, Diaz, Bazán, & Sarquís, 2015, págs. 686-687)

2.3. La Flotación.

La flotación en espuma, es un método físico-químico de concentración de minerales finalmente molidos, que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales o interfaciales del mineral útil y la ganga.

Figura 1 Esquema de adhesión selectiva



Donde:

B= burbuja

P= partícula

S – g: sólido – gas

S – l: sólido – líquido.

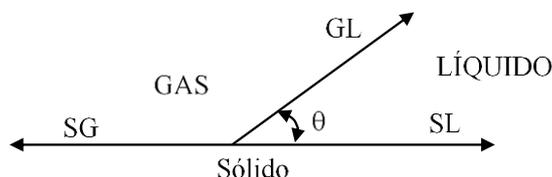
El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la anexión de ciertas partículas minerales a las burbujas de aire. Estas burbujas de aire llevan consigo los minerales seleccionados a la superficie de la pulpa y forma una espuma estabilizada que es recogida mientras los otros minerales permanecen sumergidos en la pulpa y constituyen las colas o relaves.

La flotación de un sólido depende de la relativa adsorción ó mojado de sus superficies por un fluido. A su vez este proceso viene gobernado por la energía de interfase, en la que la tensión superficial es el factor decisivo. Cualquier superficie, tal como la que separa el agua y el aire, se comporta exactamente como si se hallara en tensión. Esta tensión superficial es la que induce a las pequeñas masas de agua en el aire a tomar la forma esférica ó de gota y a las pequeñas masas de aire en el agua a adquirir forma esferoidal y convertirse en burbujas, ya que

la esfera es el cuerpo que ofrece el mínimo de superficie por unidad de volumen (Drzymala J., 2007).

La tensión interfacial puede medirse como la fuerza de resistencia que se opone a la ampliación o agrandamiento de la superficie. Su valor queda determinado por el ángulo formado entre las superficies, el cual debe ser igual a cero. Si una de las fases es un sólido y las otras dos fases son fluidos, el equilibrio de fuerzas paralelas a la superficie del sólido conduce a la igualdad; según la figura:

Figura 2. Diagrama de las tensiones superficiales que intervienen en el contacto de las fases gas, líquido y sólida



$$\gamma_{SG} - \gamma_{SL} + \gamma_{LG} (\text{Coseno}\theta) = 0$$

Siendo:

γ = Tensión superficial entre las fases, indicadas por las letras iniciales utilizadas como subíndices.

θ = Angulo de contacto

G = gas

L = líquido

S = sólido

La fuerza de gravedad y la agitación tienden a desprender a las partículas sólidas de las burbujas. Si el ángulo de contacto es pequeño el líquido avanza sobre la superficie del sólido, pues las fuerzas de superficie que mantienen unidos al sólido y a la burbuja son débiles. Un ángulo de contacto grande significa una fácil flotabilidad. Cuando una partícula sólida se

adhiera a una burbuja de aire, tiene lugar una pérdida de energía superficial, $-\Delta E$, por unidad de superficie (σ), que es igual a la disminución de la tensión superficial, es decir:

$$\Delta E - \gamma_{SG} \Delta\sigma_{SG} + \gamma_{SL} \Delta\sigma_{SL} + \gamma_{LG} \Delta\sigma_{LG}$$

$$\Delta\sigma_{SL} = -\Delta\sigma_{SG} - \Delta\sigma_{LG}$$

$$\frac{-\Delta E}{\Delta\sigma_{SG}} - (\gamma_{SL} + \gamma_{LG} - \gamma_{SG})$$

Ya que: $\gamma_{SG} - \gamma_{SL} + \gamma_{LG} (\cos \theta) = 0$

$$\gamma_{SL} - \gamma_{SG} = -\gamma_{LG} (\cos \theta)$$

$$\frac{-\Delta E}{\Delta\sigma_{SG}} - \gamma_{LG} (1 - \cos \theta)$$

Esta pérdida de energía ($-\Delta E$) es una medida de la facilidad de mojada (humectabilidad), es una indicación de su flotabilidad. Representa el trabajo exigido para separar el aire de la unidad de superficie de sólido (Barry & Tim, 2006).

2.3.1. Etapas en el proceso de la flotación.

El proceso de flotación tiene una secuencia desde la preparación del mineral, acondicionamiento de la pulpa y flotación estas etapas abarcan las siguientes:

1. Molienda del mineral a un tamaño lo suficientemente fino para separar los minerales valiosos uno de otro, como los minerales de ganga adherentes.
2. Preparación de las condiciones favorables para la adherencia de los minerales deseados a las burbujas de aire.
3. Crear una corriente ascendente de burbujas de aire en la pulpa del mineral.
4. Formar una espuma cargada de mineral en la superficie de la pulpa.
5. Extraer la espuma cargada de mineral.

Brañes 2005 citado en (Castillo & Chavez) “Para lograr resultados óptimos en la flotación, en la etapa de molienda los minerales valiosos deben ser liberados completamente de la mineral desechable y ser separados unos de otros” (pág. 14).

En el proceso de “la generación de una corriente ascendente de burbujas de aire se logra en la celda de flotación, que produce burbujas mediante la agitación mecánica de la pulpa o la introducción directa de aire bajo presión” (Brañes 2005) citada en (Edwin, 2015, pág. 31).

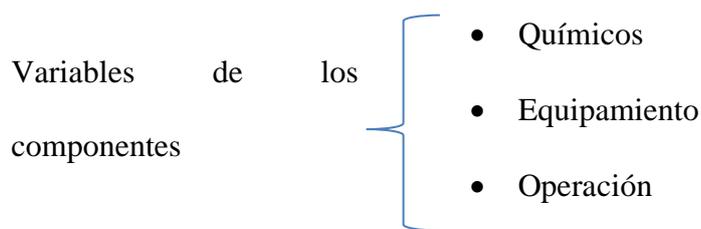
Para obtener la adherencia de las partículas minerales deseadas a las burbujas de aire y, la formación de una espuma cargada de mineral en la superficie de la pulpa, se debe formar una película de superficie hidrofobia sobre las partículas a florar y una película hidrofílica o humectable en todas las demás

En el proceso de adhesión de los minerales de interés y la humectabilidad de los minerales no deseados primero se;

Obtener la adherencia de las partículas minerales deseadas a las burbujas de aire y la formación de una espuma cargada de mineral en la superficie de la pulpa, se debe formar una película de superficie hidrofobia sobre las partículas a florar y una película hidrofílica o humectable en todas las demás.
(Brañes, 2005).

2.3.2. Variables de Flotación.

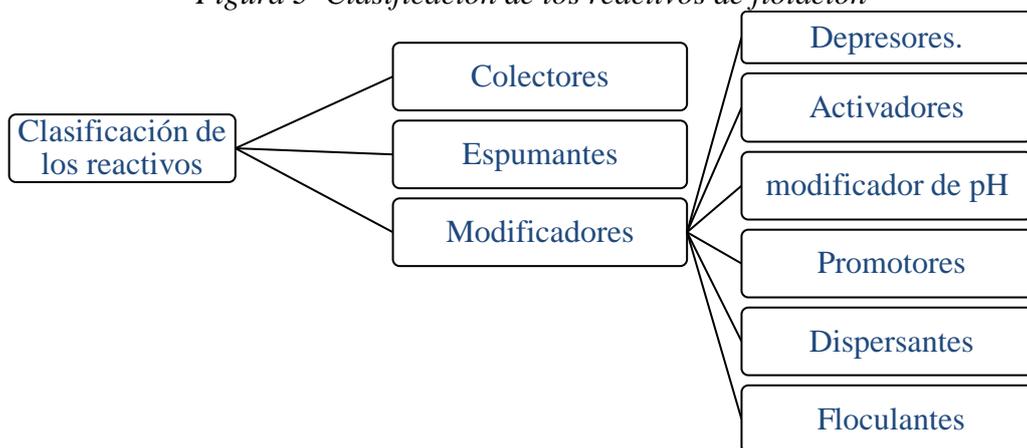
En el transcurso de los años por la experiencia de los involucrados, referente a las variables que intervienen en los procesos de flotación por espumas se mencionan más de 32 variables. Para Southerland y Wark citado por (Horna, 2006, pág. 22) “las han clasificado meridianamente en tres grupos importantes de variables y son”:



2.3.3. Variables relacionadas a los componentes químicos.

En el proceso de flotación uno de los componentes importantes son los reactivos y estos pueden ser clasificar en función a las condiciones que brindan en el proceso de acondicionamiento como “colectores, espumantes y modificadores” (Sutulov, 1963, pág. 68):

Figura 3 Clasificación de los reactivos de flotación



Nota: Fuente elaborado en función a la información (Bulatovic, 2007)

En la disolución química de estos reactivos, tiene funciones específicas como los activadores, permitiendo aumentar la selectividad intensificando en la absorción del colector, por otra parte, los depresores que retardan o evitan la absorción del colector, mientras que los dispersor permite que las superficies minerales estén libres de partículas finas y por otro lado los espumantes, mejorar la dispersión de las burbujas finas en la pulpa y controlar las características de la espuma.

a) Colectores.

Su función primordial del colector en la flotación es dar hidrofobicidad a la partícula mineral, pero pocos minerales son naturalmente hidrófobos. Por lo que, se necesita usar diversos reactivos, citados colectores, para cambiar las partículas hidrófilas e hidrófobas ligeramente hidrófobo a hidrofóbicos. El poder hidrofugante es el resulta de su química e interacciones físicas con la superficie del colector, se puede decir también;

El propósito básico del colector es formar selectivamente una capa hidrofóbica en una superficie mineral dada en la pulpa de flotación y así proporcionar condiciones para la unión de las partículas hidrófobas a las burbujas de aire y la recuperación de dichas partículas en el producto de espuma (Bulatovic, 2007).

La selectividad de un colector se basa en la adsorción de la partículas en la flotación, afectando no sólo la hidrofobicidad de las partículas sino también otros parámetros de flotación, incluyendo el tiempo de contacto requerido para formar un agregado de partículas de burbujas estable, así como la estabilidad de espuma (Drzymala, 2007, pág. 308).

Los colectores más usados en la industria son los xantatos ditiofosfatos y algunos de estos son:

- Z – 11. Xantato isopropilico de sodio.
- Z – 6. Xantato amílico de potasio.
- Aerofloat 25
- Ditiofosfatos Reactivo 301

b) Espumantes.

Los espumantes son reactivos que da estabilidad a las espumas haciendo que no se rompan y dar el tamaño adecuado de las burbujas ya que,

Los espumantes son sustancias tenso - activas heteropolares, que se adsorben selectivamente en la interfase aire - agua. En la fase líquida de la pulpa de flotación su acción eleva la resistencia mecánica de las burbujas de aire, favorece su conservación en estado disperso (Bulatovic, 2007, pág. 1).

El espumantes cumple una función fundamental en el proceso de separación de las partículas dando estabilidad,

Pues se necesita para que no se desintegra la espuma, que es el medio de transporte de mineral que las burbujas han atrapado y así llevarlas a la superficie de las celdas de flotación, es requisito indispensable que se forme sobre ésta una espuma estable. Estos disminuyen la tensión superficial y contribuyen junto con las partículas adheridas a evitar que las burbujas de aire se rompan al llegar a la superficie, debido a las diferencias de presiones en el medio (Arévalo & Contreras, 2006, pág. 57).

Los espumantes más usado en el proceso de flotación de minerales tenemos los siguientes:

- MIBC Metil isobutil carbonil.
- Aceite de Pino
- Frother 70
- Dowfroth 250

c) Activadores.

Los activadores son reactivos que nos permite cambiar la actividad de los minerales en forma favorable para ser colectado por los colectores.

Activadores inicia o mejora la flotación en presencia de los colectores.

La pregunta si es o no un reactivo es un activador no sólo depende de las propiedades de reactivos, sino también en su interacción con el colector. Sucede que activador en la presencia de otras funciones de colección como un depresor. También depende de la concentración de reactivo. Más a menudo cationes de hidrolizar iones de metales multivalentes son activadores. Su lista incluye Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , y otros iones. Algunos aniones son también activadores especialmente fluoruro y sulfuro de iones. Hay otros activadores con un complejo estructura, conocida como promotores, que se aplican en sistemas de flotación seleccionados (Sablik, 1998) citado en (Drzymala, 2007, pág. 332).

Los reactivos usados como activadores es de acuerdo las condiciones que ameritan en el proceso de flotación y esto está involucrado directamente a los minerales, entre ellos se puede citar:

- Sulfato de cobre (Reactiva los sulfuros de zinc que han sido deprimidos por el sulfato de zinc).
- Nitrato de plomo.

d) Depresores.

En el proceso de flotación existen minerales no deseados para ello es necesario utilizar agentes que sean hidrofílicas, por consiguiente, los;

Depresores se utilizan para elevar la selectividad de flotación. La selectividad se logra deprimiendo uno o más componentes de la suspensión de flotación, mientras que los valiosos minerales debe flotar sin cambios. A veces, la selectividad se puede conseguir en un proceso inverso, es decir, a través de la depresión de un componente útil, mientras que la ganga flote. Depresor puede ser orgánico, inorgánico, ácido, sal, base, redox, y complejantes reactivos, etc (Drzymala, 2007, pág. 335).

Los depresores más comunes empleados en los procesos metalúrgicos de concentración de minerales por flotación se describe a continuación (Drzymala, 2007) y otros autores.

- Sulfato de Zinc y Bisulfito de sodio (Deprime sulfuros de zinc, ZnS).
- Cianuro de Sodio (Deprime Pirita y sulfuro de zinc).
- $K_2Cr_2O_7$.
- Fosfato Monosódico.
- CMC.
- $NaHSO_3$.

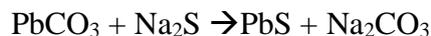
e) **Reactivos modificadores para la Sulfurización.**

Para el empleo de los sulfurizantes son para los minerales oxidados, estos minerales hidrofílicos por consiguiente para la recuperación es necesario cambiar la superficie del mineral haciendo hidrofóbico.

Los procesos de sulfurización para activar la flotación de óxidos de metales, en el mismo proceso actúa como depresor de los sulfuros. Las depresiones están vinculadas al ión SH^- y el activador el ión $S^{=}$ que tiene una mayor importancia en el proceso. Una de la activación se puede

efectuar teóricamente en la cerusita en base a la siguiente reacción

(Sutulov, 1963, pág. 100):



De acuerdo la reacción la superficie del mineral de plomo queda activa para ser colectada por los colectores.

Los reactivos más empleados para la sulfurización se describen a continuación:

- Sulfuro de Sodio: Na_2S
- Sulfuro Ácido de Sodio (Hidrosulfuro): NaHS
- Sulfuro de Bario: BaS

f) **Promotores.**

Son aquellos reactivos colectores que se le ha dado el nombre colectores secundarias a nivel de proceso metalúrgicos entre ellos témenos los colectores que se describen a continuación.

- **A-25:** Colector de acción rápida, usado en los circuitos de flotación de plata/plomo especialmente en las celdas unitarias. Actúa muy bien en circuitos neutros y alcalinos, tiene buena sinergia en los Xantatos (Sutulov, 1963, pág. 75).
- **A-31:** Colector preferido en la recuperación de plata/plomo por su grado de selectividad (Cytec, 2002, pág. 118).
- **A-242** Es el más selectivo entre los tres, generalmente en aquellos circuitos de donde se requiere recuperar la mayor cantidad de plata, otra particularidad de este reactivo es que también puede usarse en los circuitos de flotación de zinc (Sutulov, 1963, pág. 76).
- **A-208:** Es un colector que es usado en circuitos de flotación de cobre, plomo y plata. Donde la selectividad del zinc es deseada (Cytec, 2002, pág. 121).
- **A-211:** Colector con buena sinergia cuando actua con el **Xantato Isopropílico de**

Sodio, a fin de reducir consumo y obtener una mejor recuperación de los minerales valiosos, tales como marmatita y esfalerita (Cytec, 2002, pág. 221).

- **A-238: Colector** usado en la flotación de sulfuros de cobre - plata, por su selectividad al sulfuro de hierro. También es usado en los circuitos de Scavenger, mejorando la recuperación de los valores que se pierden en el relave (Cytec, 2002, pág. 221).
- **A-404:** Este colector actúa bien en circuitos débilmente ácidos (**pH de 6 a 7**). En combinación con el **A-242** forma una mezcla sinérgica de mejor acción para la recuperación de cobre, plomo y zinc (Sutulov, 1963, pág. 75).

2.3.4. Variables que dependen de los componentes de operación.

Las variables que intervienen en el proceso de flotación para que ocurra la separación de los minerales de interés de las gangas según citan (Sutulov), (Novoa & Vargas), y (Yanatos) se pueden describen a continuación:

- ✓ Velocidad de alimentación (m^3/h) o gpm).
- ✓ Tiempo de retención
- ✓ Mineralogía y ley de la mena.
- ✓ Tamaño de partículas (densidad y forma).
- ✓ Grado de liberación (grado de diseminación).
- ✓ Grado de oxidación (degradación).
- ✓ pH natural del mineral.
- ✓ Densidad de pulpa (% de sólidos).
- ✓ Temperatura.
- ✓ Flujo de aire (psi, Pa).
- ✓ Remoción de la espuma (natural o mecánica).

2.3.4.1. **Tiempo de flotación o retención.**

el tiempo es uno de los factores que interviene para un adecuado acondicionamiento, flotación y la recuperación por ello;

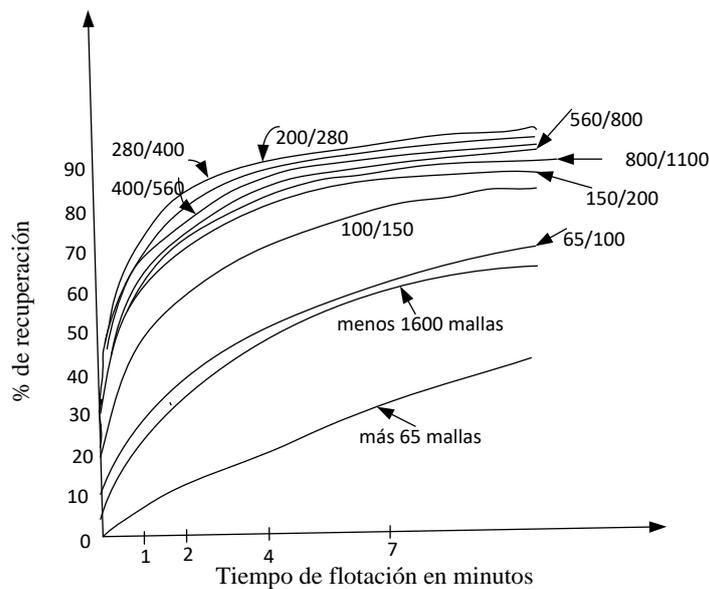
(Sutulov) La flotación consta esencialmente de las siguientes etapas: 1) adsorción de los reactivos sobre las superficies minerales; 2) encuentro de las partículas preparadas con las burbujas de aire, también previamente preparadas; 3) transporte de las partículas hasta la superficie de la celda de flotación. Cada etapa se realiza en un tiempo determinado, diferente para cada una de ellas (Sutulov, 1963, pág. 126).

La adsorción de los reactivos depende de su composición, solubilidad, disociación, concentración y de la temperatura de la pulpa. Cuando son poco solubles y reaccionan lentamente con las superficies de los minerales, su alimentación se efectúa en los circuitos de molienda y clasificación, con lo que se puede ganar desde 5 a 30 minutos de acondicionamiento (Sutulov, 1963).

Por otra parte “los reactivos que se distribuyen en la pulpa y se adsorben rápidamente o en forma instantánea se agregan inmediatamente antes de la flotación y, a veces, en la primera celda de flotación” (Sutulov, 1963).

En una pulpa bien agitada y adecuadamente aireada no hay problema para que las partículas recubiertas con un colector apropiado se peguen a las burbujas en forma instantánea, siempre que estén completamente liberadas y sean de un tamaño granulométrico adecuado. Flotando las partículas que son 1) más hidrofóbicas, 2) mejor liberadas y 3) de un tamaño adecuado. Seguido flotara, menos hidrofóbicas, menos liberadas y de mayor tamaño (Sutulov, 1963).

Figura 4. Flotación de minerales de cobre según el tamaño de grano



2.3.5. Flotación de Minerales Sulfuros.

En el proceso de flotación “los sulfuros son fuertemente hidrófobos, lo cual permite que tengan una buena flotabilidad. Sin embargo, este comportamiento se ve afectado negativamente cuando existe una oxidación superficial o hay presencia de lamas” (Barry & Tim, 2006).

Para que la flotación de sulfuros sea efectiva, es necesaria la presencia de oxígeno con colectores sulfhídricos, y así ocurra la adsorción de este reactivo en el mineral. Este fenómeno puede ser explicado por teorías que se describe King (1982).

2.3.5.1. Flotación de minerales de plata.

En la flotación de minerales de plata se ha realizado diferentes estudios, pero para (Dorr y Bosqui, 1950) citado por (Quinteros), “El tratamiento de minerales de plata refractarios (contienen manganeso), la flotación fue el principal proceso utilizado para recuperar la plata, siendo un mineral de plata de alta ley que contenía plata asociada con galena y esfalerita” (Quinteros, 2014, pág. 35).

Dorr y Bosqui (op. Cit.) citado en (Quinteros), “el limo tiene efecto perjudicial en el recubrimiento de sulfuro de oro, lo que el limita evita su flotación, también se mezcla con el concentrado de flotación y disminuye su valor” (Quinteros, 2014, pág. 35).

2.3.5.2. **Perdida de plata en los relaves.**

La pérdida de la plata en el relave tiene diferentes causas, pero las causas más resaltantes son por la siguiente razón.

Marley y Hagni (1982) citado en (Quinteros), “los minerales de plata se pierden en los relaves como inclusiones finas ($<5\mu\text{m}$) en cuarzo. La plata encapsulada con cuarzo, generando una ruta para la pérdida de plata” (Quinteros, 2014, pág. 41).

Leaver y Woolf (1939) citado en (Quinteros), “el efecto de diferentes limos presentes en la flotación y su efecto sobre el grado de plata en el concentrado, por la presencia de limo en minerales de plata, el uso de almidón como dispersante permite mejorar la calidad” (Quinteros, 2014, pág. 41).

2.4. **Definiciones de conceptos.**

- a. **Mineral.** Una sustancia homogénea que ocurre naturalmente y tiene propiedades físicas y composición química definidas y que, si se forma en condiciones favorables, tiene una forma de cristal definida.
- b. **Plata.** Un metal muy maleable que se encuentra naturalmente en un estado no combinado o con otros materiales.
- c. **pH.** Manera de expresar la concentración de ión hidrógeno con términos de potencias 10, el logaritmo negativo de la concentración de ión hidrógeno.
- d. **Planta.** Instalación industrial. Figura que forman sobre el terreno los cimientos de un edificio o la sección horizontal de las paredes en cada uno de los diferentes pisos.

- e. **Proceso.** Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.
- f. **Rougher.** Flotación primaria, es donde sale el concentrado primario, es donde se alimenta la pulpa, es la celda madre que recibe la carga de pulpa del acondicionador ó directamente del clasificador.
- g. **Scavenger.** Agotador o medio. Son las celdas donde se realiza la recuperación de las partes valiosas que no se han recuperado en las rougher.
- h. **Concentradora.** Instalación donde se concentra o recupera minerales sulfurados, óxidos, etc. con valor económico.

2.5. Formulación de hipótesis.

2.5.1. Hipótesis general.

Realizando una evaluación de la caracterización de minerales argentíferos, se podrá concentrar menas de plata por flotación de la minera volcán de acorde los requerimientos.

2.5.2. Hipótesis específicas.

- Un tiempo optimo tendrá influencia en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtendrá una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos.
- Con un control y selección de los reactivos en la flotación de los minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado.
- Con un diseño adecuado del circuito de flotación para minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado.

3.1. Operacionalización de variables.

Tabla 2: Operacionalización de Variables en estudio.

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Flotación	Es un proceso físico química de hidrofobicidad para ser atraído los minerales por las burbujas de aire para ser flotado.	Manipulación	- Tiempo. - Reactivos. - Circuito.
Dependiente			
Concentración	Acción de reunir las partículas de minerales de su misma especie para elevar la pureza de la mena.	Cuantificación de pureza	- Calidad. - Recuperación
Intervinientes.			
			- Densidad de pulpa. - Agitación. - Liberación. - pH.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.2. Diseño metodológico.

3.2.1. Tipo de investigación.

En el trabajo se aplicará el tipo de investigación cuantitativa experimental ya que “el investigador tiene el control de la variable independiente o estímulo, la cual puede hacer variar en la forma que sea más apropiada a sus objetivos. y puede controlar la conformación de los grupos que necesita para su estudio”. (Briones, 2002, pág. 37)

De acuerdo a su naturaleza: Experimental.

De acuerdo al propósito o utilización: aplicativa.

En el presente se usará la investigación experimental y aplicativa, ya que se realizará al nivel de laboratorio con un control mínimo y una vez encontrado las condiciones óptimas del estudio se puede aplicar en proceso continuo.

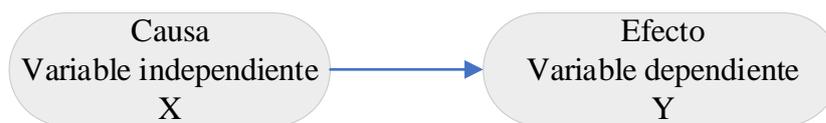
3.1.1. Nivel de Investigación.

Respecto a la metodología cuantitativa y los niveles de investigación para el presente se aplicará el nivel predictiva o experimental, “predictiva se predice fenómenos análisis causa y experimental porque se controla fenómenos y estrategia de control” (Bisquerra, 1989, p. 66) citado en (Reguera, 2008, pág. 45).

3.1.2. Diseño de la Investigación.

Para el estudio se empleará el diseño experimental donde “experimento puro es la manipulación intencional de una o más variables independientes y los efectos provocados por dicha causa se le denomina variable dependiente” (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 1991, pág. 94).

Figura 5 Esquema de experimento y variable



3.1.1. Enfoque de investigación.

El enfoque del presente estudio es cuantitativo, porque el estudio son variables o fenómenos cuantificables o fácilmente mensurables. “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teoría” (Fernandez, 2014).

3.3. Población muestra y tamaño de muestra.

3.3.1. Población.

La población constituida por el mineral de plata del proyecto de la mina volcán.

3.3.2. Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación está constituida por las minerales extraído de las labores de la mina para el estudio.

3.3.3. Tamaño de muestra.

El tamaño de muestra es extraerá por incremento con ello se tendrá 200 kg de muestras para el estudio a realizarse.

3.4. **Técnica de recolección y procesamiento de datos.**

3.4.1. **Fuentes.**

La información se recopilará de una fuente primaria respecto para el proceso de flotación de piritas auríferas y los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

Respecto a la información para darle validez se obtendrá de las bibliografías que son fuentes secundarias.

3.4.2. **Técnicas.**

a. Observación sistemática Directa.

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando.

b. Observación Sistemática Indirecta.

Mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contiene información sobre el tema de investigación.

c. Observación experimental.

Con esta técnica será posible conocer la forma como se desarrollan las actividades en el desarrollo para extraer datos con el fin de procesar posteriormente.

3.4.3. **Instrumentos.**

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

3.4.4. **Procesamiento de datos.**

Se usará el análisis estadístico y matemático, usando programas de cálculo como Excel, SPSS, XLSTAT, Minilat 18, Statgraphics, para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar, ecuaciones por regresión y otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Condiciones de trabajo.

4.1.1. Mineralogía y ensayo químico.

Los minerales más comunes que se encuentran en la muestra en estudio se describen en la tabla 3 como se describe a continuación

Tabla 3 Minerales comunes en la muestra en estudio

Minerales	Composición
Pirita	FeS_2
Calcopirita	CuFeS_2
Blenda	PbS
Argentita	Ag_2S
Malaquita	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Cuarzo	SiO_2

Tabla 4 Ensayes químicos

Ag (Oz/t)	%Cu	% Fe	%Pb	CuOx
11.35	0.248	33.000	0.945	0.299

De la tabla 4 las composiciones de los elementos presentes en la muestra en ley de cabeza son 11.35onz Ag/t, 0.248% de cobre, 33% fierro, 0.945% de plomo y 0.299% de óxidos de cobre.

4.1.2. Reactivos empleados en el proceso de molienda y flotación

Los reactivos empleados en las pruebas de flotación para la recuperación de plata a nivel experimental se describen en la tabla 5 de la prueba 15 del presente trabajo de investigación.

Tabla 5 Reactivos empleados en la molienda y flotación prueba 15

ETAPA	REACTIVOS ADICIONADOS (g/TM)											
	METABS	NaCN	Cal	A-3894	A 404	Z-11	MIBC/OREPR	Min250	NaSH	3418	pH	t min
Molienda												20.0
Acondicionamiento	1250	75	2379	46	18		18	500			11.00	10.0
Flotación Rougher I											11.00	10.0
Flotación Rougher II	250	25		25	30	40	20	250	50		11.30	15.0
Remolienda	200	50	1400						75			20.0
Cleaner I				54	30	30	9	250			11.50	5.0
Cleaner II			600								12.00	5.0
TOTAL	1700	150	4379	125	78	70	47	1000	125	0		85.0

De la tabla 5 el tiempo de molienda es de 20 minutos, con un acondicionamiento de 10 minutos a un pH 11 donde se adicionan metabisulfito de sodio 1250 g/TM, NaCN 75 g/TM, CaO 2379 g/TM, A-3894 46 g/TM, A-404 18 g/TM, MIBC/Orper 18 g/TM, Min250 500 g/TM. En la primera flotación gougher I a un pH 11 en un periodo de 10 minutos. En la flotación rougher II a un pH de 11.30 en un periodo de 15 minutos con la adición metabisulfito de sodio 250 g/TM, NaCN 25 g/TM, A-3894 25 g/TM, A-404 30 g/TM, Z-11 40 g/TM, MIBC/Orper 20 g/TM, Min250 250 g/TM, NaSH 50 g/TM. Con una remolienda de 20 minutos en la se adicionan metabisulfito de sodio 200 g/TM, NaCN 50 g/TM, CaO 1400 g/TM, NaSH 75 g/TM. En la primera limpieza se realiza a un pH 11.5 durante 5 minutos con la adición de A-3894 54 g/TM, A-404 30 g/TM, MIBC/Orper 9 g/TM, Min250 250 g/TM. En la segunda limpieza se adiciona solo CaO 600 g/TM durante 5 minutos a un pH 12.

El tiempo total de 58 minutos y el consumo de 1700 g/TM, NaCN 150 g/TM, CaO 4379 g/TM, A-3894 125 g/TM, A-404 78 g/TM, Z-11 70 g/TM, MIBC/Orper 47 g/TM, Min250 1000 g/TM NaSH 125 g/TM.

Tabla 6 Reactivos empleados en la molienda y flotación prueba 16

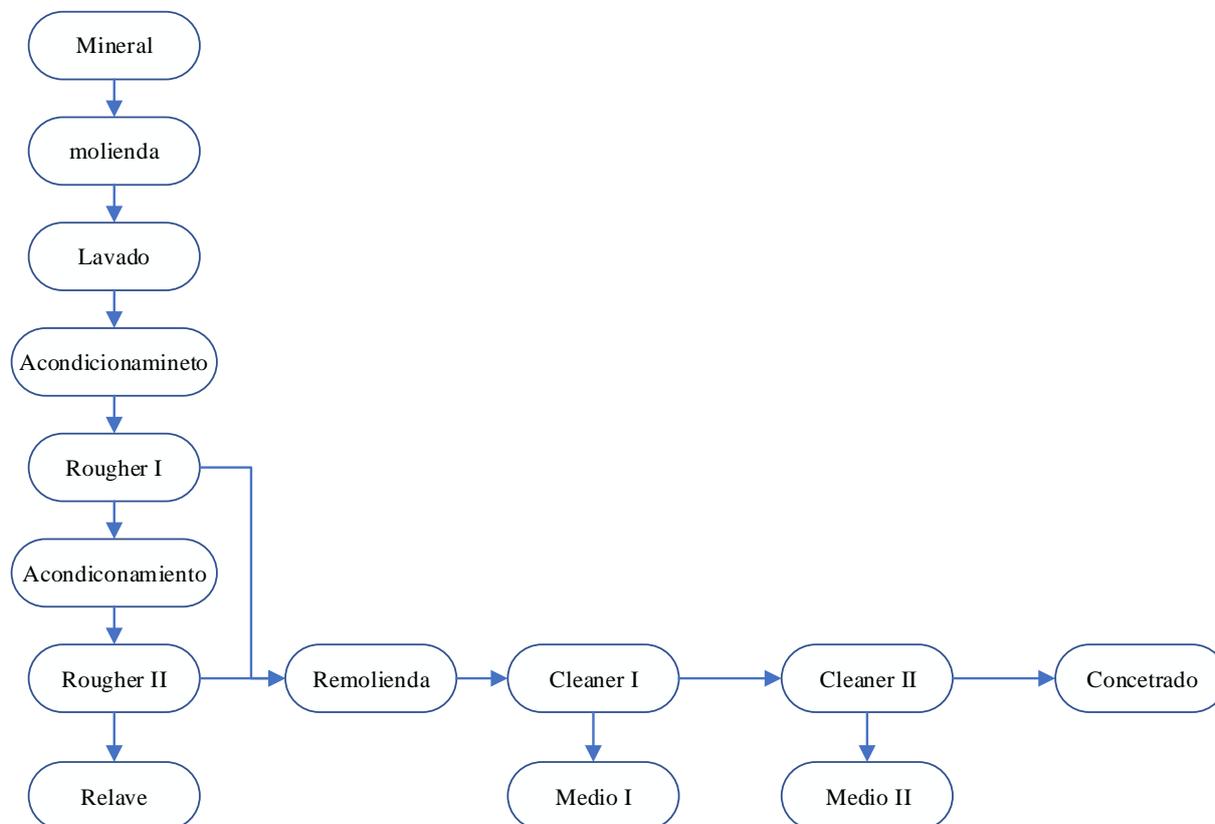
ETAPA	REACTIVOS ADICIONADOS (g/TM)										pH	T min	
	METABS	NaCN	Cal	A-3894	A 404	Z-11	MIBC/OREPR	Silic.Na	NaSH	MIN			
Molienda												20.0	
Acondicionamiento	1250	75	1552	50	30		30	300				10.50	10.0
Flotación Rougher I												10.50	10.0
Flotación Rougher II	200	25	17		15	30		200	50			10.50	10.0
Remolienda	200	75	1464						20				40.0
Cleaner I				30	15						50	11.50	6.3
Cleaner II			40									11.50	5.0
Cleaner III												11.50	4.0
TOTAL	1650	175	3073	80	60	30	30	500	70	50			105.3

De la tabla 6 el tiempo de molienda es de 20 minutos, con un acondicionamiento de 10 minutos a un pH 10.5 donde se adicionan metabisulfito de sodio 1250 g/TM, NaCN 75 g/TM, CaO 1552 g/TM, A-3894 50 g/TM, A-404 30 g/TM, MIBC/Orper 30 g/TM, Silicato de sodio 300 g/TM. En la primera flotación gougher I a un pH 10.5 en un periodo de 10 minutos. En la flotación rougher II a un pH de 10.5 en un periodo de 10 minutos con la adición metabisulfito de sodio 200 g/TM, NaCN 25 g/TM, CaO 17 g/TM, A-404 15 g/TM, Z-11 30 g/TM, silicato de sodio 200 g/TM, NaSH 50 g/TM. Con una remolienda de 40 minutos en la se adicionan metabisulfito de sodio 200 g/TM, NaCN 75 g/TM, CaO 1464 g/TM, NaSH 20 g/TM. En la primera limpieza se realiza a un pH 11.5 durante 6.3 minutos con la adición de A-3894 30 g/TM, A-404 15 g/TM, MIN 50 g/TM. En la segunda limpieza se adiciona solo CaO 40 g/TM durante 5 minutos a un pH 11.5. En la tercera limpieza durante 4 minutos a un pH de 11.5.

El tiempo total de 105.3 minutos y el consumo de 1650 g/TM, NaCN 175 g/TM, CaO 3073 g/TM, A-3894 80 g/TM, A-404 60 g/TM, Z-11 30 g/TM, MIBC/Orper 30 g/TM, silicato de sodio 500 g/TM, NaSH 70 g/TM y Min 50 g/TM.

4.1.3. Diseño del proceso de flotación.

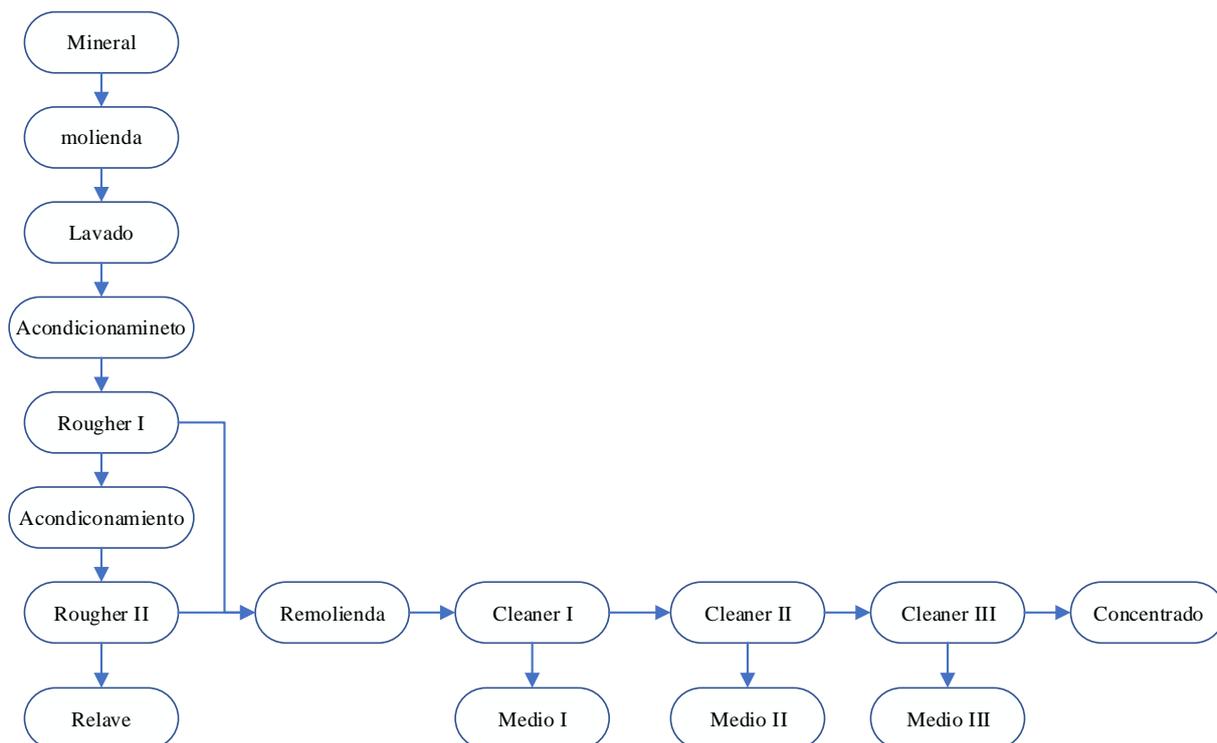
Figura 6 Diseño del proceso de molienda y flotación de plata prueba 15



Nota: Fuente diseño en función de los procesos requeridos.

En función de la figura 6 se realizaron los siguientes pasos molienda, lavado, acondicionamiento, flotación R I, acondicionamiento R II, para la remolienda se usó el concentrado de R I y R II, seguido de limpieza I, y limpieza II, obteniendo como producto medio I, medio II, concentrado y relave.

Figura 7 Diseño del proceso de molienda y flotación de plata prueba 16



En función de la figura 7 se realizaron los siguientes pasos molienda, lavado, acondicionamiento, flotación R I, acondicionamiento R II, para la remolienda se une el concentrado de R I y R II, seguido de limpieza I, y limpieza II, limpieza III obteniendo como producto medio I, medio II, medio III, concentrado y relave.

4.2. Resultados

4.2.1. Resultado de la prueba de flotación de plata 15.

Tabla 7 Resultado de la concentración por flotación de la plata prueba 15

PRODUCTOS	PESO	%	Leyes %				
	(g)	PESO	Ag onz/t	Cu	Fe	Pb	CuOx
CONCENTRADO Cu	46.90	4.73	68.095	1.606	24.970	4.814	0.693
MEDIOS II	44.10	4.44	31.218	0.851	26.650	3.299	0.460
MEDIOS I	47.90	4.83	19.612	0.526	27.390	2.398	0.284
CONC ROUGHER	138.90	13.99	39.667	0.994	26.338	3.500	0.478
RELAVE	853.60	86.01	7.170	0.120	33.620	0.384	0.025
CABEZA CALCULADA	992.50	100.00	11.718	0.242	32.601	0.820	0.088
CABEZA ENSAYADA			11.35	0.248	33.000	0.945	0.299

Tabla 8 Resultado de la recuperación por flotación de la plata prueba 15

CONTENIDO METALICO					% DISTRIBUCION				
Ag	Cu	Fe	Pb	CuOx	Ag	Cu	Fe	Pb	CuOx
3193.7	0.753	11.71	2.258	0.325	27.46	31.32	3.62	27.74	37.05
1376.7	0.375	11.75	1.455	0.203	11.84	15.61	3.63	17.87	23.12
939.4	0.252	13.12	1.149	0.136	8.08	10.48	4.05	14.11	15.51
5509.8	1.380	36.58	4.86	0.664	47.38	57.40	11.31	59.73	75.68
6120.0	1.024	287.0	3.278	0.213	52.62	42.60	88.69	40.27	24.32
11629.8	2.405	323.56	8.14	0.88	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

De la tabla 7 y 8 el concentrado de plata tiene una calidad de 68.095 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, medio II 31.218 onz/t de plata con una recuperación de 11.84%, medio I 19.612 onz/t de plata con una recuperación de 8.08%, concentrado rougher 39.667 onz/t de

plata con una recuperación de 47.38%, relave 7.17 onz/t de plata con un 52.62%, para una cabeza de 11.35 onz/t.

4.2.2. Resultado de la prueba de flotación de plata 16.

Tabla 9 Resultado de la concentración por flotación de la plata prueba 16

PRODUCTOS	PESO	%	Leyes %				
	(g)	PESO	Ag onz/t	Cu	Fe	Pb	CuOx
CONCENTRADO Cu	33.80	3.41	94.587	1.460	35.800	3.427	0.195
MEDIOS III	26.50	2.68	68.288	0.894	35.050	2.059	0.362
MEDIOS II	51.10	5.16	23.149	0.667	36.980	1.764	0.304
MEDIOS I	195.50	19.74	12.957	0.335	46.060	0.922	0.118
CONC ROUGHER	306.90	30.98	28.422	0.562	42.467	1.436	0.179
RELAVE	683.70	69.02	3.697	0.111	27.970	0.666	0.035
CABEZA CALCULADA	990.60	100.00	11.357	0.251	32.462	0.905	0.079
CABEZA ENSAYADA			11.35	0.248	33.000	0.945	0.299

Tabla 10 Resultado de la recuperación por flotación de la plata prueba 16

CONTENIDO METALICO					% DISTRIBUCION				
Ag	Cu	Fe	Pb	CuOx	Ag	Cu	Fe	Pb	CuOx
3197.1	0.493	12.10	1.158	0.066	28.42	19.86	3.76	12.93	8.37
1809.6	0.237	9.29	0.546	0.096	16.08	9.53	2.89	6.09	12.19
1182.9	0.341	18.90	0.901	0.155	10.51	13.72	5.88	10.06	19.73
2533.0	0.655	90.05	1.803	0.231	22.51	26.35	28.00	20.11	29.31
8722.6	1.726	130.33	4.41	0.548	77.53	69.46	40.53	49.19	69.60
2527.9	0.759	191.2	4.553	0.239	22.47	30.54	59.47	50.81	30.40
11250.5	2.485	321.56	8.96	0.79	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: Procesada los datos de las pruebas experimentales.

De la tabla 9 y 10 el concentrado de plata tiene una calidad de 95.587 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, medio III 68.288 onz/t de plata con una recuperación de 16.08%, medio II 23.149 onz/t de plata con una recuperación de 10.51%, medio I 12.987 onz/t de plata con una recuperación de 22.51%, concentrado rougher 28.422 onz/t de plata con una recuperación de 77.53%, relave 3.697 onz/t de plata con un 22.47%, para una cabeza de 11.35 onz/t.

4.2.3. Resultados de las 16 pruebas realizados.

Tabla 11 Resultado de la recuperación por flotación de las 16 prueba.

N°	(%-200m)	onz Ag/T	%	Tiempo	onz Ag/T	%	
Prueba	74 μ	Cabeza	Concent.	Recup.	Minutos	Concent.	Recup.
1	72	14.63	17.38	57.00	45.50		
2	72	11.41	11.34	74.58	70.50		
3	80	11.75	12.20	77.04	95.00		
4	80	11.40	13.46	93.30	106.00		
5	80	12.14	17.88	74.26	57.50		
6	80	11.12	12.23	81.51	47.50		
7	80	16.53	12.58	58.61	50.00		
8	80	11.66	14.14	97.83	75.00		
9	80	12.12	14.41	98.15	108.00		
10	80	11.28	13.32	94.64	143.50		
11	80	11.69	14.41	98.61	140.00		
12	80	12.23	15.65	95.61	126.50		
13	80	12.60	15.47	95.45	137.00	45.30	25.53
14	80	12.39	18.98	69.57	104.00	43.27	18.30
15	80	11.72	39.67	47.38	85.00	68.10	27.46
16	80	11.36	28.42	77.53	105.30	94.59	28.42

De la tabla 11 el concentrado de plata de las 16 pruebas la que mejor resultado la 15 y 16, para la prueba 15 tiene una calidad final como concentrado de 68.10 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 39.67 onz/t de plata con una recuperación de 47.38%, en un periodo de 85 minutos. mientras que para la prueba 16 tiene una calidad final como concentrado de 94.59 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 28.42 onz/t de plata con una recuperación de 77.53% en un periodo de 105.30 minutos.

4.2.4. Análisis grafico del proceso de flotación de plata.

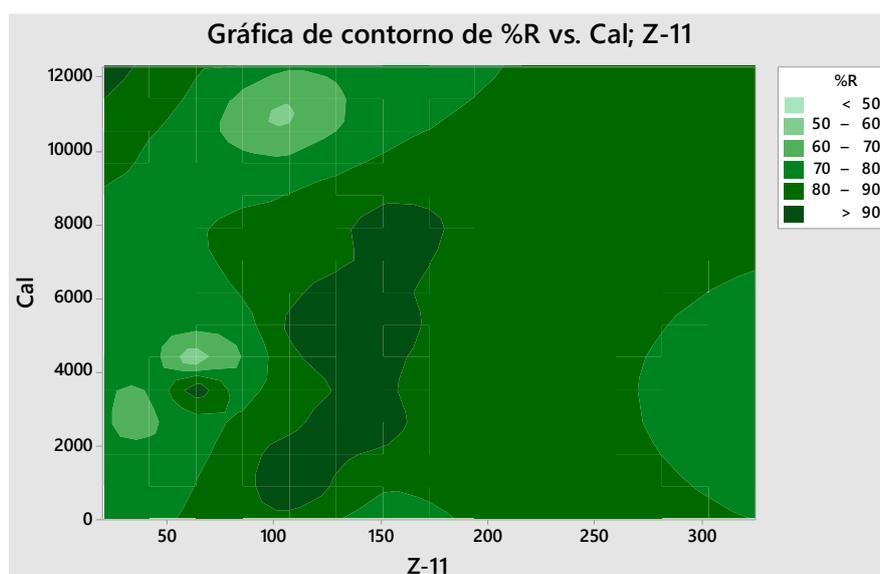
4.2.4.1. Análisis en la recuperación de la plata.

En el análisis de los gráficos se verán el efecto de los reactivos frente a la recuperación de la plata en el proceso de flotación en la parte experimental.

a. Dosificación de la Cal y Z-11 en la recuperación de la plata.

Los efectos de la dosificación de la cal como modificador del pH y el colector Z-11 en la recuperación de la plata en la figura 8.

Figura 8 Consumo de cal y Z-11 en la recuperación de la plata

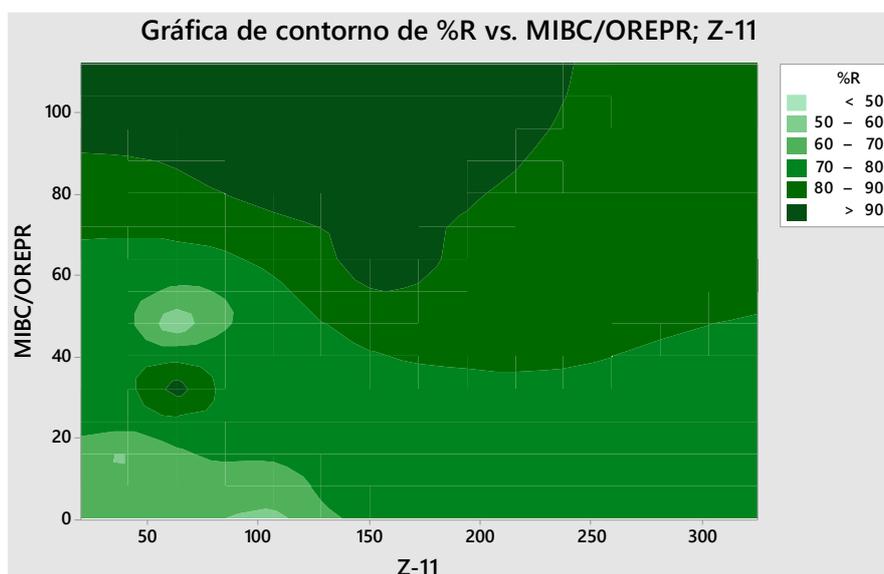


De la figura 8 que mayor a 90% de recuperación es cuando Z-11 está en un rango de 91.24 g/TM a 179.66 g/TM y un consumo de cal 213.11 g/TM a 8606.56 g/TM, a menor dosificación de cal menor consumo del colector Z-11, a medida que se incrementa el consumo de la cal se incrementa el consumo de colector.

b. Dosificación de MIBC/OREPR y Z-11 en la recuperación de la plata.

Los efectos de la dosificación del espumante MIBC/OREPR y el colector Z-11 en la recuperación de la plata en la figura 9.

Figura 9 Espumante y Z-11 en la recuperación de la plata

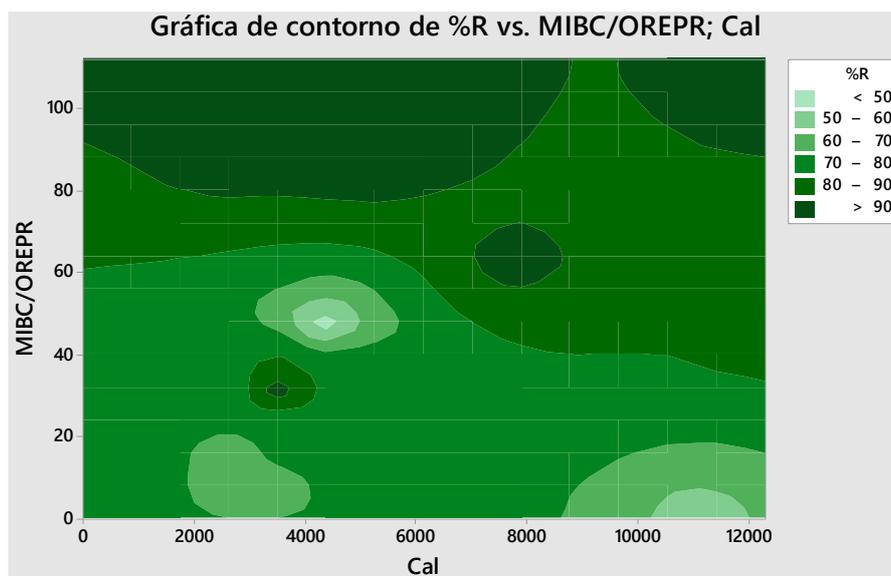


De la figura 9 que mayor a 90% de recuperación es cuando Z-11 está en un rango de 20.11 g/TM a 240.49 g/TM y un consumo de MIBC/OREPR 55.33 g/TM a 111.68 g/TM, a una dosificación de MIBC/OREPR de 55.6 a 71g/TM y colector Z-11 132.9 a 182.3 g/TM tiene una recuperación mayor al 90%, por consiguiente a medida que se incrementa el consumo de la MIBC/OREPR disminuye el consumo de colector.

c. Dosificación de MIBC/OREPR y cal en la recuperación de la plata.

Los efectos de la dosificación del espumante MIBC/OREPR y el modificador de pH cal en la recuperación de la plata en la figura 10.

Figura 10 Espumante y cal en la recuperación de la plata

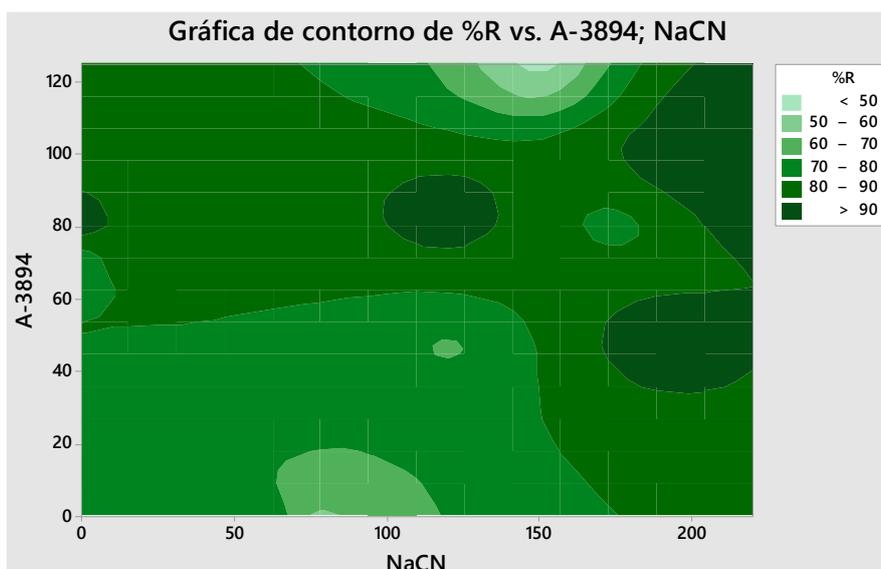


De la figura 10 que mayor a 90% de recuperación de plata es cuando MIBC/OREPR está en un rango de 77.0 g/TM a 111.9 g/TM y la cal 0 g/TM a 12000 g/TM no tiene efecto significativo, por consiguiente, a mayor que 77 g/TM MIBC/ORPR existe la posibilidad de una recuperación superior al 90%.

d. Dosificación de A-3894 y NaCN en la recuperación de la plata.

Los efectos de la dosificación del A-3894 y el NaCN en la recuperación de la plata en la figura 11.

Figura 11 A-3894 y NaCN en la recuperación de la plata

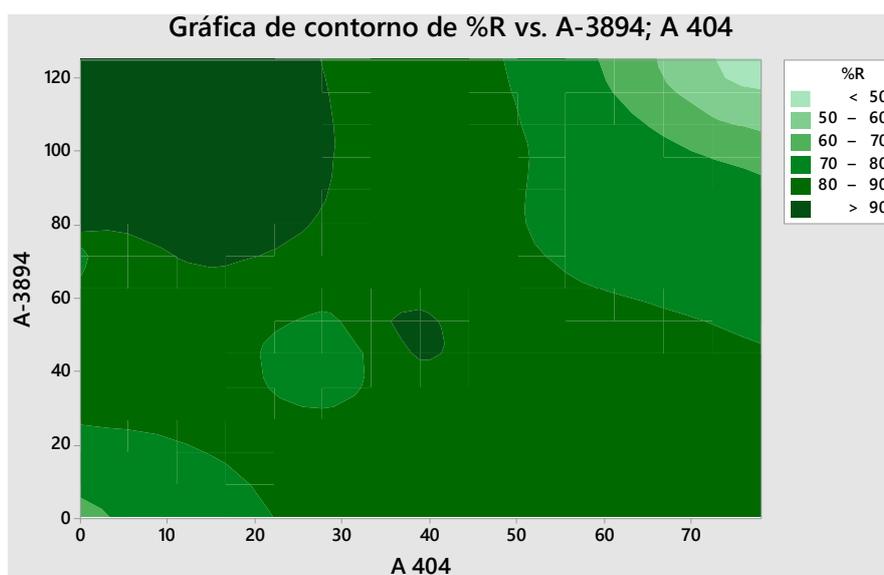


De la figura 11 para una recuperación mayor al 90% de plata es cuando NaCN está en un rango de 171.1 g/TM a 228.3 g/TM y la A-3894 de 33.7 g/TM a 225 g/TM.

e. **Dosificación de A-3894 y A-404 en la recuperación de la plata.**

Los efectos de la dosificación del A-3894 y el A-404 en la recuperación de la plata en la figura 12.

Figura 12 A-3894 y A-404 en la recuperación de la plata

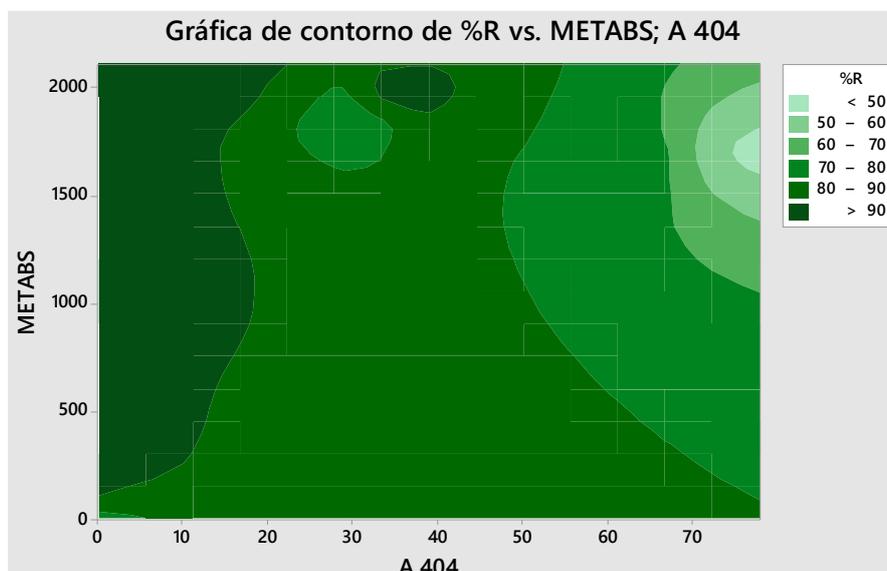


De la figura 12 para una recuperación mayor al 90% de plata es cuando A-404 está en un rango de 0 g/TM a 29 g/TM y la A-3894 de 86.5 g/TM a 125.8 g/TM.

f. Dosificación de metabisulfito de sodio y A-404 en la recuperación de la plata.

Los efectos de la dosificación del metabisulfito de sodio y el A-404 en la recuperación de la plata en la figura 13.

Figura 13 Metabisulfito de sodio y A-404 en la recuperación de la plata



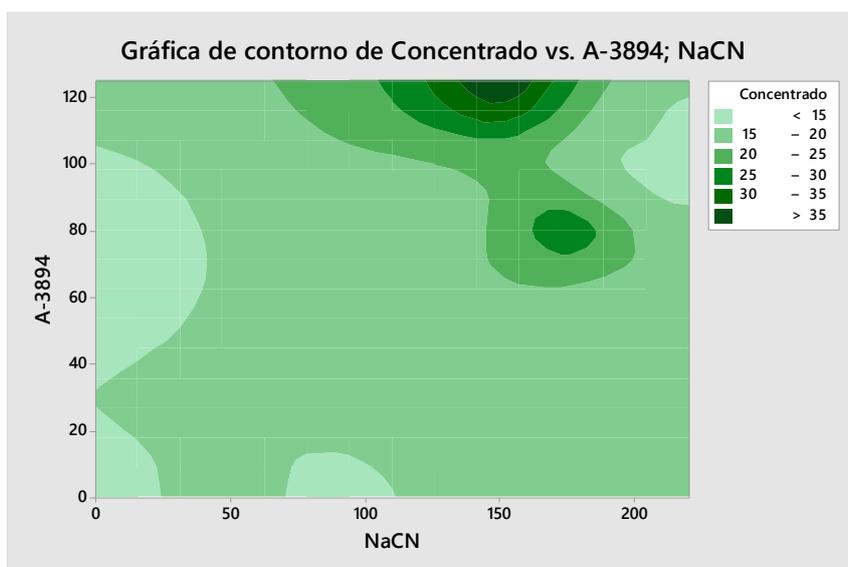
De la figura 13 para una recuperación mayor al 90% de plata es cuando A-404 está en un rango de 0 g/TM a 18.3 g/TM y metabisulfito de sodio de 11.2 g/TM a 210.3 g/TM.

4.2.4.2. Análisis en la concentración de la plata.

a. Dosificación de NaCN y A-3894 en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del NaCN y el A-3894 en la concentración de la plata en la figura 14.

Figura 14 A-3894 y NaCN en la concentración de la plata

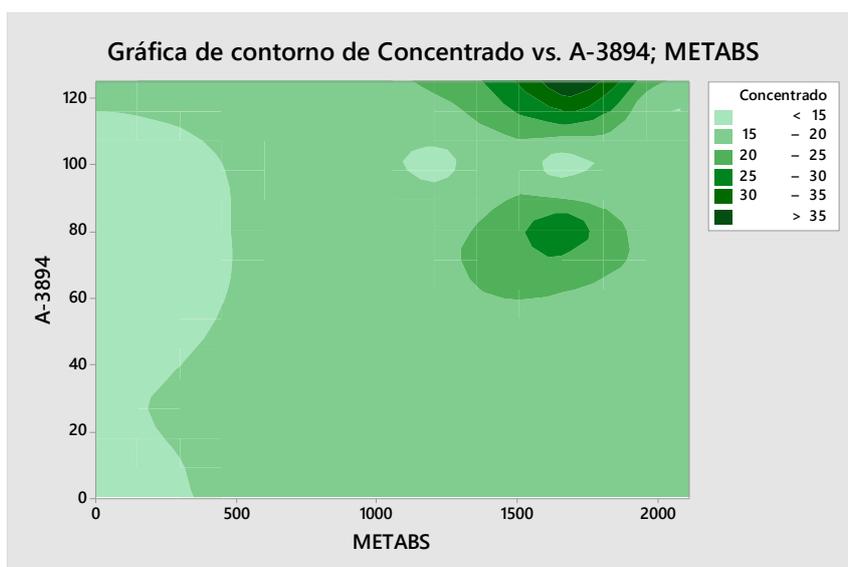


De la figura 14 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando A-3894 está en un rango de 117.64 g/TM a 125 g/TM y NaCN de 145.33 g/TM a 160.16 g/TM.

b. Dosificación de metabisulfito de sodio y A-3894 en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del bisulfito de sodio y el A-3894 en la concentración de la plata en la figura 15.

Figura 15 A-3894 y metabisulfito de sodio en la concentración de la plata

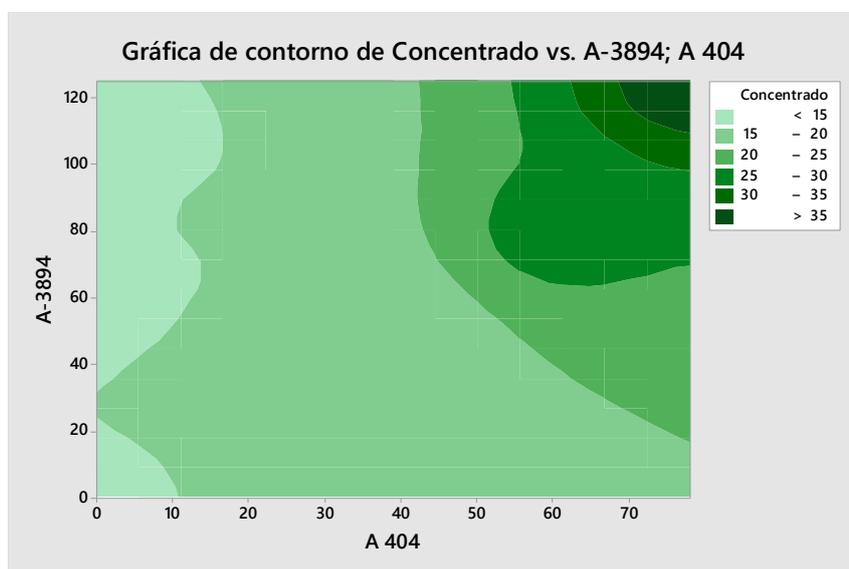


De la figura 15 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando A-3894 está en un rango de 120.47 g/TM a 125.12 g/TM y metabisulfito de sodio de 1602.38 g/TM a 1788.10 g/TM.

c. Dosificación de A-404 y A-3894 en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del A-404 y el A-3894 en la concentración de la plata en la figura 16.

Figura 16 A-3894 y A-404 en la concentración de la plata

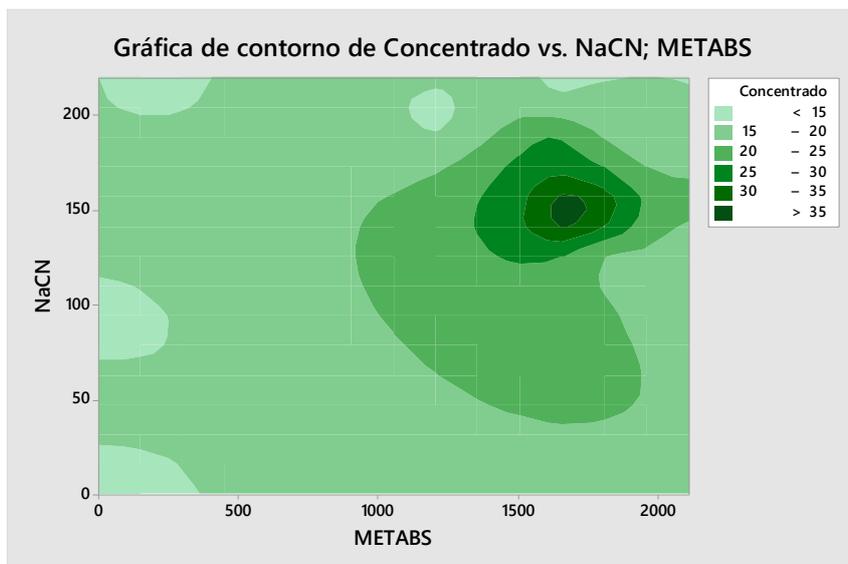


De la figura 16 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando A-3894 está en un rango de 108.77 g/TM a 124.92 g/TM y A-404 de 69.37 g/TM a 78.20 g/TM.

d. Dosificación de NaCN y metabisulfito de sodio en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del NaCN y el metabisulfito de sodio en la concentración de la plata en la figura 17.

Figura 17 Metabisulfito de sodio y NaCN en la concentración de la plata

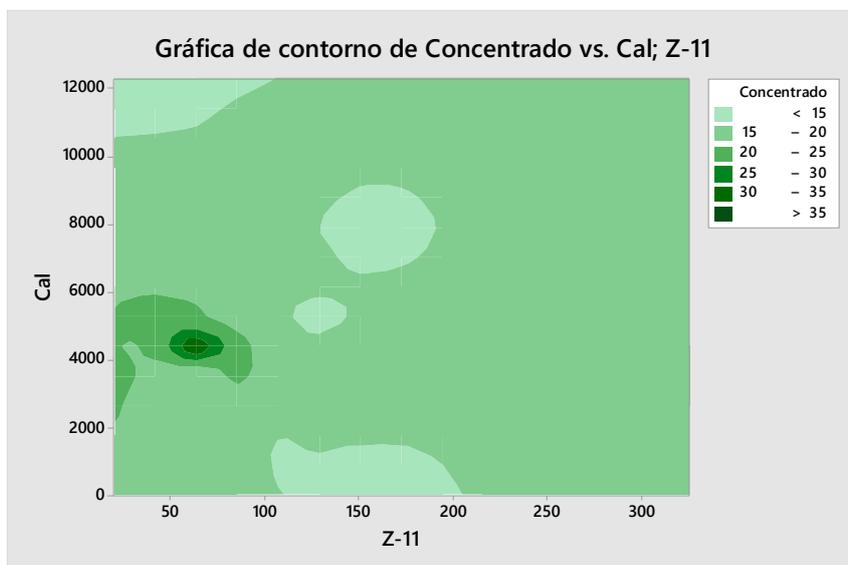


De la figura 17 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando NaCN está en un rango de 140.88 g/TM a 157.73 g/TM y metabisulfito de sodio de 1618.83 g/TM a 1737.67 g/TM.

e. **Dosificación de cal y Z-11 en la concentración de la plata.**

Los efectos de la dosificación de la cal y el Z-11 en la concentración de la plata en la figura 18.

Figura 18 Cal y Z-11 en la concentración de la plata

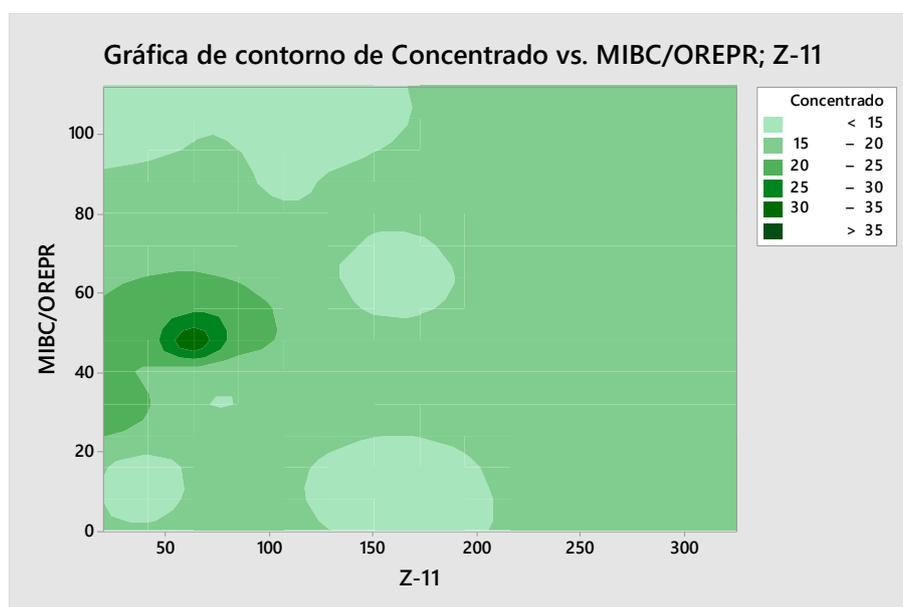


De la figura 18 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando Z-11 está en un rango de 59.21 g/TM a 71.05 g/TM y cal de 4181.82 g/TM a 4666.67 g/TM.

f. Dosificación de Z-11 y MIBC/OREPR en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del Z-11 y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata en la figura 19.

Figura 19 Z-11 y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata

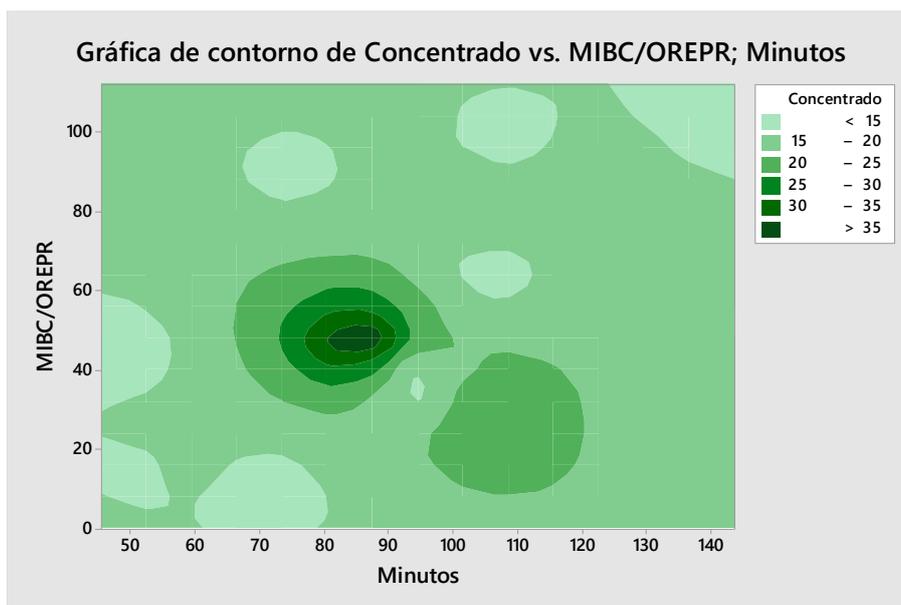


De la figura 19 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando Z-11 está en un rango de 58.38 g/TM a 69.76 g/TM y MIBC/OREPR de 45.49 g/TM a 51.55 g/TM.

g. Dosificación de tiempo y MIBC/OREPR en la concentración de la plata.

Los efectos de la dosificación del tiempo y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata en la figura 19.

Figura 20 tiempo y el MIBC/OREPR en la concentración de la plata



De la figura 20 para una calidad superior al 35 onz/t de plata es cuando MIBC/OREPR está en un rango de 44.73 g/TM a 51.08 g/TM y tiempo de 80.73 minutos a 88.44 minutos.

CAPITULO V

DISCUSIÓN CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Discusión.

En el trabajo experimental sobre flotación de minerales argentíferos para la concentración de plata a nivel experimental para un mineral de ley de cabeza de 11.35 onz/t de Ag, 0.248% Cu, 33% Fe, 0.945% Pb y 0.299% Zn se realizaron 16 pruebas de las cuales la prueba 15 y 16 tiene un mejor resultado frente a los restos 14 pruebas experimentales de los cuales los reactivos empleados fueron con se describen a continuación para el experimento 15. El tiempo total de 58 minutos y el consumo de 1700 g/TM, NaCN 150 g/TM, CaO 4379 g/TM, A-3894 125 g/TM, A-404 78 g/TM, Z-11 70 g/TM, MIBC/Orper 47 g/TM, Min250 1000 g/TM NaSH 125 g/TM, la prueba 16 se emplearon, tiempo total de 105.3 minutos y el consumo de 1650 g/TM, NaCN 175 g/TM, CaO 3073 g/TM, A-3894 80 g/TM, A-404 60 g/TM, Z-11 30 g/TM, MIBC/Orper 30 g/TM, silicato de sodio 500 g/TM, NaSH 70 g/TM y Min 50 g/TM.

El concentrado obtenido de plata para la prueba 15 se tiene una calidad de 68.095 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, medio II 31.218 onz/t de plata con una recuperación de 11.84%, medio I 19.612 onz/t de plata con una recuperación de 8.08%, concentrado rougher 39.667 onz/t de plata con una recuperación de 47.38%, relave 7.17 onz/t de plata con un 52.62%, para una cabeza de 11.35 onz/t. Mientras que el experimento 16 tiene un concentrado de plata con una calidad de 95.587 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, medio III 68.288 onz/t de plata con una recuperación de 16.08%, medio II 23.149 onz/t de plata con una recuperación de 10.51%, medio I 12.987 onz/t de plata con una recuperación de 22.51%, concentrado rougher 28.422 onz/t de plata con una recuperación de 77.53%, relave 3.697 onz/t de plata con un 22.47%, para una cabeza de 11.35 onz/t.

El mejor resultado obtenido de la prueba 15 tiene una calidad final como concentrado de 68.10 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 39.67 onz/t de plata con una recuperación de 47.38%, en un periodo de 85 minutos. mientras que para la prueba 16 tiene una calidad final como concentrado de 94.59 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 28.42 onz/t de plata con una recuperación de 77.53% en un periodo de 105.30 minutos.

Referente a los efectos de los reactivos se puede predecir que para una recuperación superior al 90% es cuando Z-11 está en un rango de 91.24 g/TM a 179.66 g/TM y un consumo de cal 213.11 g/TM a 8606.56 g/TM, a menor dosificación de cal menor consumo del colector Z-11, a medida que se incrementa el consumo de la cal se incrementa el consumo de colector, un consumo de MIBC/OREPR 55.33 g/TM a 111.68 g/TM, por consiguiente a medida que se incrementa el consumo de la MIBC/OREPR disminuye el consumo de colector.

Para mayor recuperación superior al 90% es cuando el NaCN está en un rango de 171.1 g/TM a 228.3 g/TM y la A-3894 de 33.7 g/TM a 225 g/TM, para A-404 en un rango de 0 g/TM a 29 g/TM, para el metabisulfito de sodio de 11.2 g/TM a 210.3 g/TM.

Para obtener una calidad del concentrado superior al 35 onz/t de plata se podría cuando los reactivos estaría dosificados en promedio para ello se tiene A-3894 en un rango de 117.64 g/TM a 125 g/TM, NaCN de 145.33 g/TM a 160.16 g/TM, metabisulfito de sodio de 1602.38 g/TM a 1788.10 g/TM, A-404 de 69.37 g/TM a 78.20 g/TM, Z-11 en un rango de 59.21 g/TM a 71.05 g/TM, cal de 4181.82 g/TM a 4666.67 g/TM, MIBC/OREPR de 45.49 g/TM a 51.55 g/TM, en un tiempo de 80.73 minutos a 88.44 minutos.

para (Mendoza & Terán), existe influencia significativa de la dosificación del metil isobutil carbinol y de la granulometría sobre el porcentaje de recuperación de oro y plata de una pirita de la zona de Otuzco, mediante flotación bulk.

para (Torres & Vargas, 2012), lo que, no puede ser posible, porque los minerales de cada flujo presentan particularidades específicas como: dureza, leyes de cabeza, elementos penalizables, minerales de ganga y diversos contenidos de sulfato de cobre, óxidos de Pb y Zn, carbonatos de Zn; que son causantes de la dispersión de los elementos valiosos y/o bajas recuperaciones de los mismos.

(Flores, 2015), debido a que las recuperaciones de la plata y el oro por flotación son regulares (70% Ag y 60% Au), se han probado pruebas adicionales de gravimetría y cianuración de los relaves de flotación con los cuales se han logrado obtener recuperaciones del oro y la plata que superan eficientemente el 90%.

para (Jiménez & Prieto), a pH 11 y concentración de CN^- 1,25g/l se obtuvieron las mejores recuperaciones de Au de 73,83%, y Ag 98,39%. con parámetros de pH 11 y 1,25g/l de CN^- , con gasto de 1,28kg/ton de CN^- y 0.44kg/ton de cal.

(Vivar & Bueno), el empleo de Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , DF-250, AR1242, KAX, SIPX, NaCN y cal permite obtener una recuperación media de 85.81%.

(Cuenca, 2018), el colector Ditiófosfato AR - 1242, obtuvo una recuperación superior al Xantato amílico de potasio con un valor del 71,42 %, manteniendo una concentración superior en la malla 100, el cual da a notar que es la mejor granulometría a utilizar.

(Tapia & Napoleón), el análisis mineralógico muestra que el producto de la mina Poopó contiene principalmente minerales de zinc y plata, por lo que se debe producir concentrados de plata y concentrados de zinc.

(Hidalgo, Diaz, Bazán, & Sarquís), la flotación de la cola (residuo) obtenida de la separación gravimétrica (centrífuga Knelson) permite lograr una mejora de la recuperación de Au y de Ag.

5.2. Conclusiones.

En la flotación de minerales argentíferos para la concentración de plata a nivel experimental se llegaron a la siguiente conclusión:

Para un mineral de ley de cabeza de 11.35 onz/t de Ag, 0.248% Cu, 33% Fe, 0.945% Pb y 0.299% Zn de las 16 pruebas de las cuales la prueba 15 y 16 tiene un mejor resultado frente a los restos 14 pruebas experimentales de los cuales los reactivos y el tiempo empleados fueron para el experimento 15. El tiempo total de 58 minutos y el consumo de 1700 g/TM, NaCN 150 g/TM, CaO 4379 g/TM, A-3894 125 g/TM, A-404 78 g/TM, Z-11 70 g/TM, MIBC/Orper 47 g/TM, Min250 1000 g/TM NaSH 125 g/TM, para la prueba 16 se emplearon, tiempo total de 105.3 minutos y el consumo de 1650 g/TM, NaCN 175 g/TM, CaO 3073 g/TM, A-3894 80 g/TM, A-404 60 g/TM, Z-11 30 g/TM, MIBC/Orper 30 g/TM, silicato de sodio 500 g/TM, NaSH 70 g/TM y Min 50 g/TM.

El mejor resultado obtenido de la prueba 15 tiene una calidad final como concentrado de 68.10 onz/t de plata con una recuperación de 27.46%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 39.67 onz/t de plata con una recuperación de 47.38%, en un periodo de 85 minutos. mientras que para la prueba 16 tiene una calidad final como concentrado de 94.59 onz/t de plata con una recuperación de 28.42%, y el concentrado rougher tiene una calidad de 28.42 onz/t de plata con una recuperación de 77.53% en un periodo de 105.30 minutos.

Para una recuperación superior al 90% es cuando Z-11 está 91.24 g/TM a 179.66 g/TM, cal 213.11 g/TM a 8606.56 g/TM, MIBC/OREPR 55.33 g/TM a 111.68 g/TM, NaCN 171.1 g/TM a 228.3 g/TM, A-3894 de 33.7 g/TM a 225 g/TM, A-404 0 g/TM a 29 g/TM, y metabisulfito de sodio de 11.2 g/TM a 210.3 g/TM.

Para obtener una calidad del concentrado superior al 35 onz/t de plata, A-3894 117.64 g/TM a 125 g/TM, NaCN de 145.33 g/TM a 160.16 g/TM, metabisulfito de sodio 1602.38 g/TM a 1788.10 g/TM, A-404 de 69.37 g/TM a 78.20 g/TM, Z-11 59.21 g/TM a 71.05 g/TM, cal

4181.82 g/TM a 4666.67 g/TM, MIBC/OREPR de 45.49 g/TM a 51.55 g/TM, y el tiempo de 80.73 minutos a 88.44 minutos.

5.3. Recomendaciones.

Como consecuencia de los resultados obtenidos de la flotación de minerales argentíferos para la concentración de plata a nivel experimental se puede recomendar los siguiente:

Realizar una prueba de diseño factorial en función de las dos últimas pruebas para ver cuáles son reactivos que puede mejorar la calidad y recuperación de la plata.

utilizar reactivos específicos para la recuperación de la plata en condiciones adecuadas para tener un mejor resultado.

Usar depresores específico de la pirita y aumentar los dispersores de las lamas para mejorar la recuperación de la plata.

BIBLIOGRAFÍA

- Drzymala J. (2007). *Mineral Processing*. Wrocław: Wrocław University of Technology.
- Arévalo, A., & Contreras, A. (2006). *Concentración por flotación de feldespato, mica y cuarzo a partir de los gneises del área de bejuma. Estado carabobo*. Caracaz.
- Azañero, A., Núñez, P., Figueroa, A., León, E., Fernández, S., Orihuela, R., . . . Yi Choy, S. (s/f). *Flotación de minerales oxidados de plomo*. Obtenido de Sistema de bibliotecas y biblioteca central:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol5_n10/flotacion.pdf
- Barry, W., & Tim, N.-M. (2006). *Mineral Processing Technology*. Brisbane: Elsevier Science & Technology Books.
- Brañes, H. (2005). *Flotación Experimental de Minerales Polimetálicos*. Minas de Volcán S.A.A.
- Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Bogota: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents*. Elsevier Science & Technology Books.
- Castillo, K., & Chavez, Y. (2012). Crecimiento de la tasa de recuperación de los minerales de plomo, zinc y plata en la etapa de concentración de minerales de la mina volcan SAA. *Título*. Universidad de trujillo, Trujillo.
- Cegarra, E. (15 de 02 de 2018). *Perú tiene la reserva más grande de plata en el mundo, según USGS*. Obtenido de Perú.com: <https://peru.com/actualidad/economia-y-finanzas/peru-tiene-reserva-mas-grande-plata-mundo-segun-usgs-noticia-554209>
- Cuenca, R. (2018). Concentración de oro de la mina “San Alfonso” mediante flotación con variación de granulometría y colectores. *Título ingeniero en minas*. Universidad del

- azuay, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7914/1/13654.pdf>
- Cytec. (2002). *Manual de productos químicos para minería*. Cytec Industries Inc.
- Drzymala, J. (2007). *Mineral Processing*. Wroclaw: Wroclaw University of Technology.
- Edwin, A. (2015). Evaluación metalúrgica a los minerales sulfurados para mejorar la recuperación de sus concentrados en la planta concentradora San Expedito – Cerro S.A.C. - 2015. *Titulo*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- Flores, A. (2015). *Estudio metalúrgico para la recuperación de plata y oro en minerales polimetálicos*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2156>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (1991). *Metodología de la investigación*. Mexico: MCGRAW HLL.
- Hidalgo, N., Diaz, A., Bazán, V., & Sarquís, P. (2015). *Avances en la recuperación de oro y plata mediante flotación en escorias de procesamiento de menas de oro*. Obtenido de Instituto geologico minero de españa: http://www.igme.es/Boletin/2015/126_4/4-Articulo%203.pdf
- Horna, J. (2006). Proyecto de implementación de celdas ok-160 en flotacion rougher arenas planta concentradora cuajone. *Titulo* . Universidad nacional de ingeniería, Lima.
- Huilca, D., & Sihua, R. (2014). *estudio del mecanismo de activación de los granos de oro en la flotación de los minerales refractarios piriticos* . Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Jiménez, M., & Prieto, J. (2011). *Determinar el rendimiento de recuperación de oro y plata, aplicando un proceso combinado de flotación y cianuración a los relaves provenientes de las plantas de tratamiento gravimétrico del condominio sur nambija*. Universidad técnica particular de Loja, Loja. Obtenido de

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/643/3/TESIS%20MARISOL%20Y%20JANINA.pdf>

Julca, D., & Ortiz, J. (2018). *Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6475/Julca_vd.pdf?sequence=1

Mendoza, W., & Terán, H. (2017). *influencia de la dosificación del metil isobutil carbinol y granulometría sobre la recuperación de oro y plata de una pirita de la zona de otuzco, mediante flotación bulk2017*. Universidad privada del norte, Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10701/Mendoza%20Cercado%20C%20Wily%20Maicol%20-%20Teran%20Espinoza%20Hender%20Samuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Novoa, G., & Vargas, L. (2013). Variables y propiedades que influyen en el proceso de flotación. *Titulo*. Universidad catolica del norte, Antofagasta. Obtenido de https://www.academia.edu/14081794/VARIABLES_Y_PROPIEDADES_QUE_INFLUYEN_EN_EL_PROCESO_DE_FLOTACION

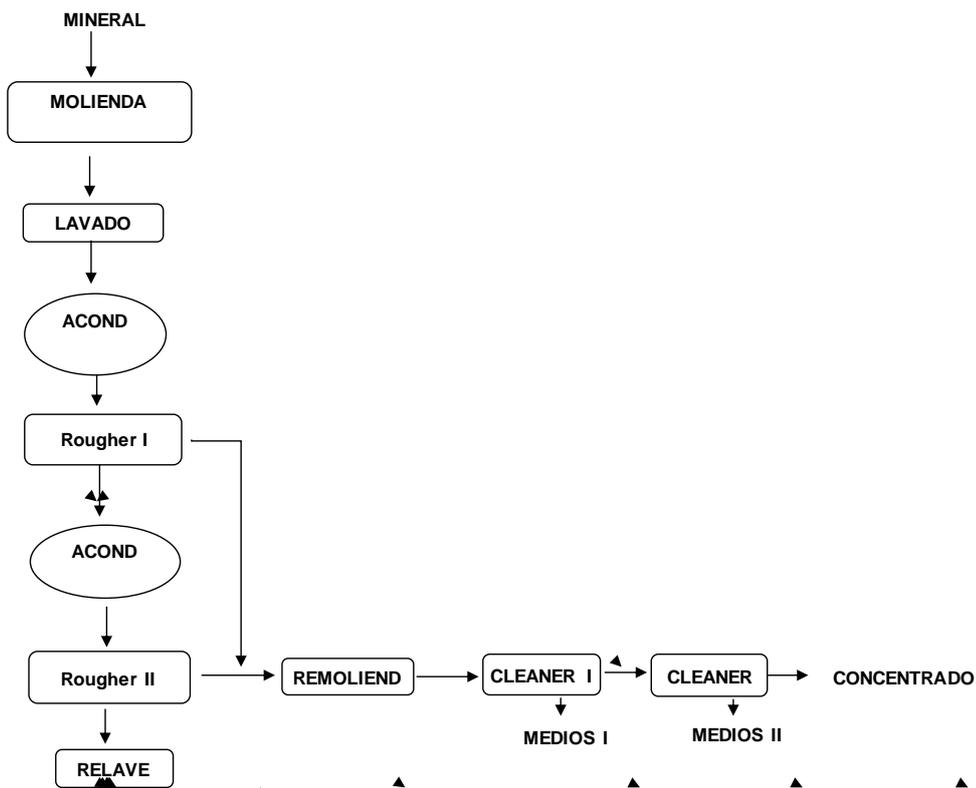
Quinteros, J. (2014). Improved process development for complex silver ores through systematic, advanced mineral characterisation. *grado de doctor*. The University of Queensland, Queensland.

Reguera, A. (2008). *Metodología de la investigación lingüística: prácticas de escritura*. Cordoba: Editorial brujas. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=cZxjCzwBYiUC&pg=PA45&dq=nivel+de+investigacion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi7jsX_jabfAhXLs1kKHVGwCswQ6AEIKDAA#v=onepage&q=nivel%20de%20investigacion&f=false

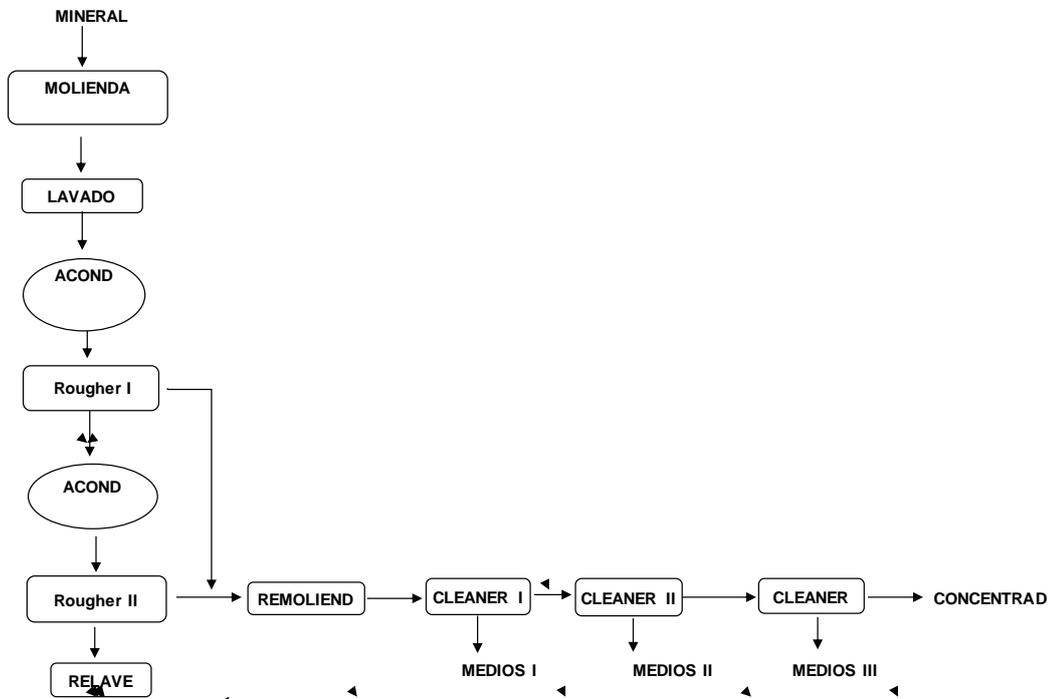
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción.
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción: Instituto de Investigación Tecnológicas.
- Tapia, D., & Napoleón, J. (2012). *Mejoramiento de la recuperación de plata de los minerales de mina Poopó*. Obtenido de Revistas Bolivianas- Scientific Electronic Library Online: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rmuto/n31/n31_a06.pdf
- Torres, L., & Vargas, J. (2012). *Aumento de recuperación de plomo, zinc, plata en la concentración de los minerales de la mina de Quiruvilca*. Universidad nacional de trujillo, Trujillo. Obtenido de http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3380/TorresSevilla_L%20-%20VarasHualcas_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivar, E., & Bueno, J. (1995). Dosificación y determinación de los reactivos químicos para maximizar la recuperación de plata y plomo en armenonic. *Ingeniero químico*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/8189>
- Yanatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Santiago: Universidad tecnica federico santa maria.

ANEXO

Anexo 1: Diseño del proceso de flotación experimental 15



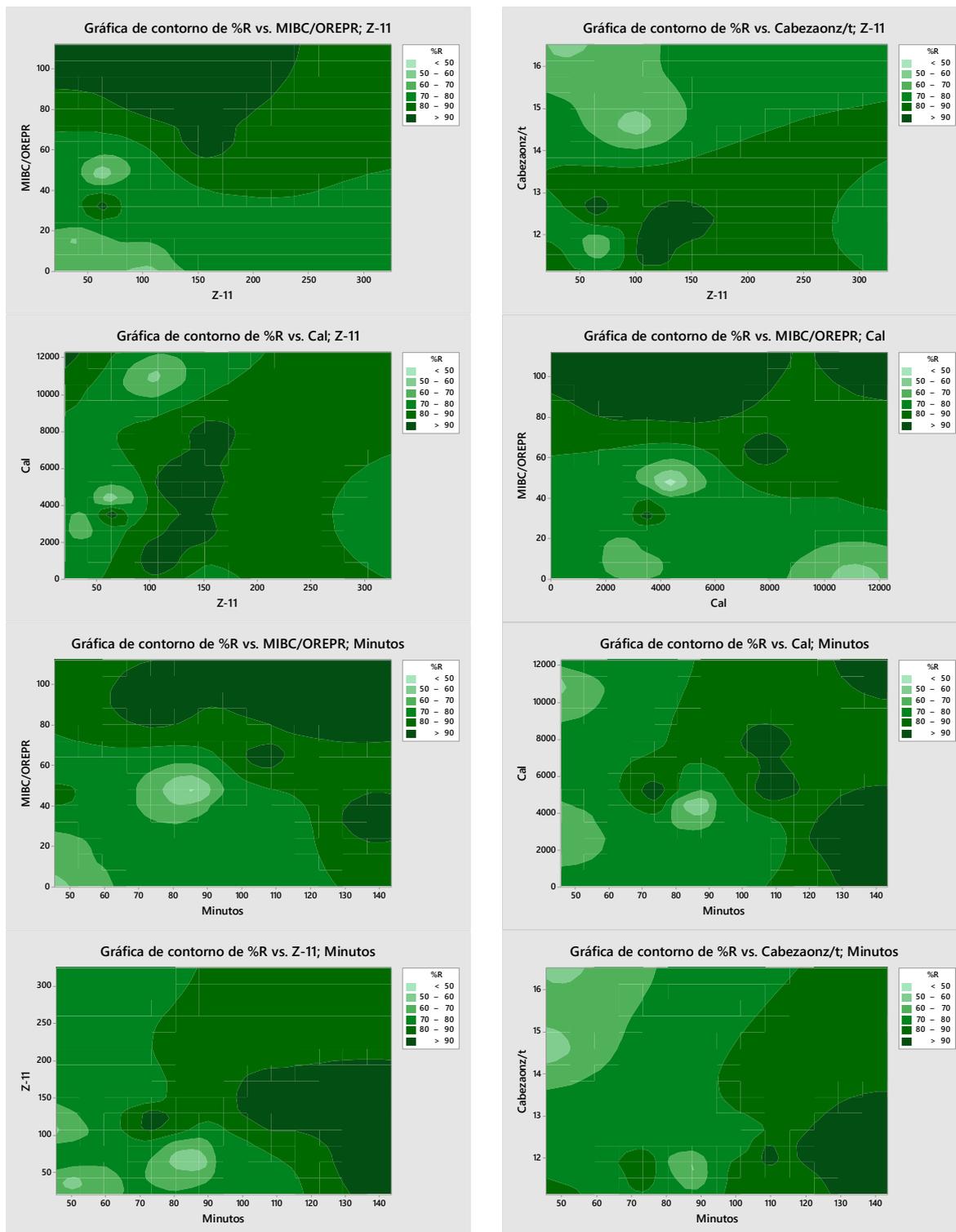
Anexo 2: Diseño del proceso de flotación experimental 16



Anexo 3 Reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata

Cabeza	Z-11	MIBC/OREPR	Cal	%R	Minutos
14.6	100.0	0.0	11039.0	57.00	45.50
11.4	150.0	9.0	0.0	74.58	70.50
11.7	75.0	36.0	4737.0	77.04	95.00
11.4	155.0	63.0	7780.0	93.30	106.00
12.1	325.0	18.0	3620.0	74.26	57.50
11.1	75.0	44.5	12295.0	81.51	47.50
16.5	40.0	13.5	3068.0	58.61	50.00
11.7	120.0	90.0	5000.0	97.83	75.00
12.1	130.0	100.0	5320.0	98.15	108.00
11.3	20.0	104.8	12291.0	94.64	143.50
11.7	110.0	112.2	1282.1	98.61	140.00
12.2	135.0	89.8	2745.0	95.61	126.50
12.6	60.0	33.6	3520.0	95.45	137.00
12.4	30.0	30.0	2470.0	69.57	104.00
11.7	70.0	47.0	4379.0	47.38	85.00
11.4	30.0	30.0	3073.0	77.53	105.30

Anexo 4 Efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata



Anexo 5 Coeficientes efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la recuperación de la plata

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	54.8	41.3	1.33	0.214	
Cabeza Ag (onz/t)	-0.87	2.56	-0.34	0.742	1.41
Z-11(g/TM)	0.0580	0.0478	1.21	0.253	1.35
MIBC/OREPR (g/TM)	0.205	0.120	1.71	0.119	2.14
Cal (g/TM)	0.000379	0.000918	0.41	0.688	1.29
Tiempo (Minutos)	0.194	0.147	1.32	0.215	2.60

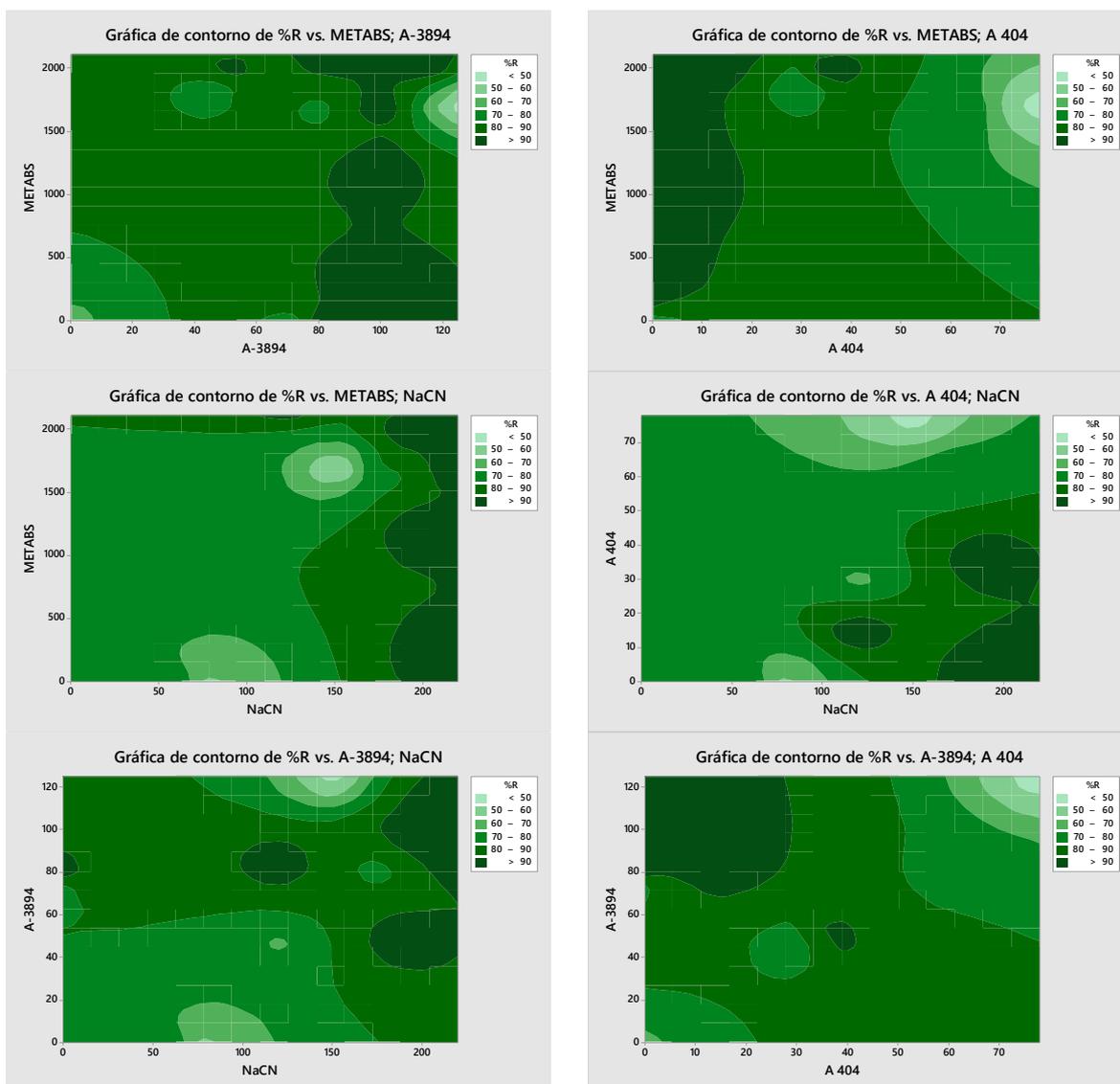
Ecuación de regresión

$$\%R = 54.8 - 0.87 \text{ Cabeza onz/t} + 0.0580 \text{ Z-11} + 0.205 \text{ MIBC/OREPR} + 0.000379 \text{ Cal} + 0.194 \text{ Minutos}$$

Anexo 6 Reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata

METABS	NaCN	A-3894	A 404	%R
0.00	0.00	0.00	0.00	57.00
0.00	0.00	0.00	0.00	74.58
0.00	0.00	69.40	0.00	77.04
0.00	0.00	81.10	0.00	93.30
0.00	60.00	0.00	0.00	74.26
0.00	0.00	0.00	0.00	81.51
0.00	80.00	0.00	0.00	58.61
1200.00	200.00	100.00	0.00	97.83
2050.00	220.00	113.20	0.00	98.15
1700.00	220.00	98.20	0.00	94.64
230.00	220.00	96.00	0.00	98.61
2110.00	120.00	84.00	15.00	95.61
1950.00	190.00	49.00	36.00	95.45
1850.00	120.00	46.00	30.00	69.57
1700.00	150.00	125.00	78.00	47.38
1650.00	175.00	80.00	60.00	77.53

Anexo 7 Efecto de los reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata



Anexo 8 Coeficiente de los efectos de los reactivos depresores y promotores en la recuperación de la plata

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	71.04	5.23	13.57	0.000	
METABS	0.00607	0.00589	1.03	0.325	3.06
NaCN	0.0378	0.0582	0.65	0.529	2.82
A-3894	0.1189	0.0967	1.23	0.245	2.01
A 404	-0.510	0.156	-3.27	0.007	1.52

Ecuación de regresión

$$\%R = 71.04 + 0.00607 \text{ METABS} + 0.0378 \text{ NaCN} + 0.1189 \text{ A-3894} - 0.510 \text{ A 404}$$

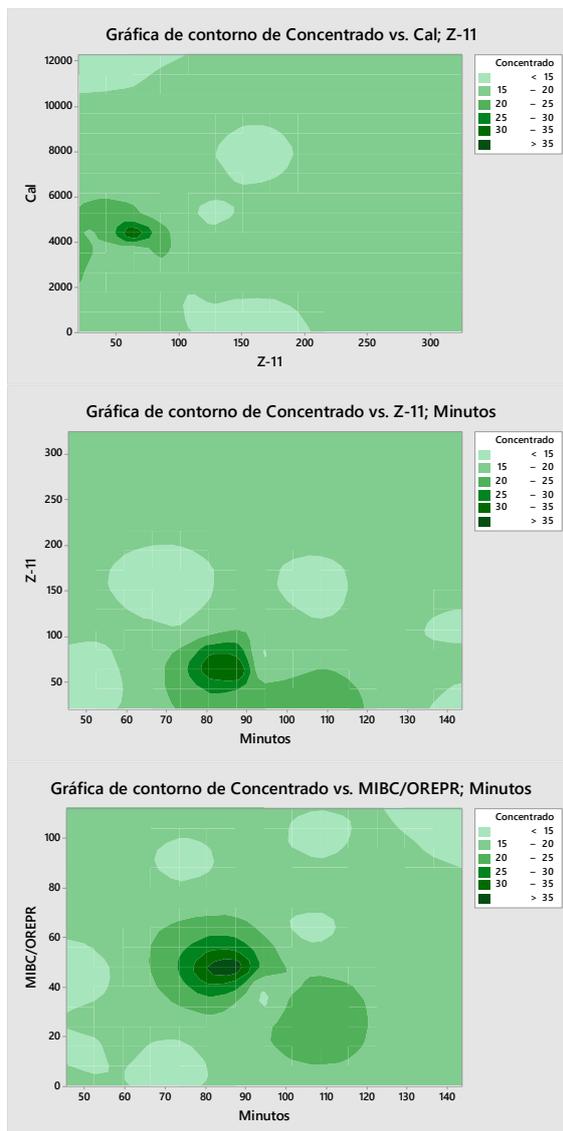
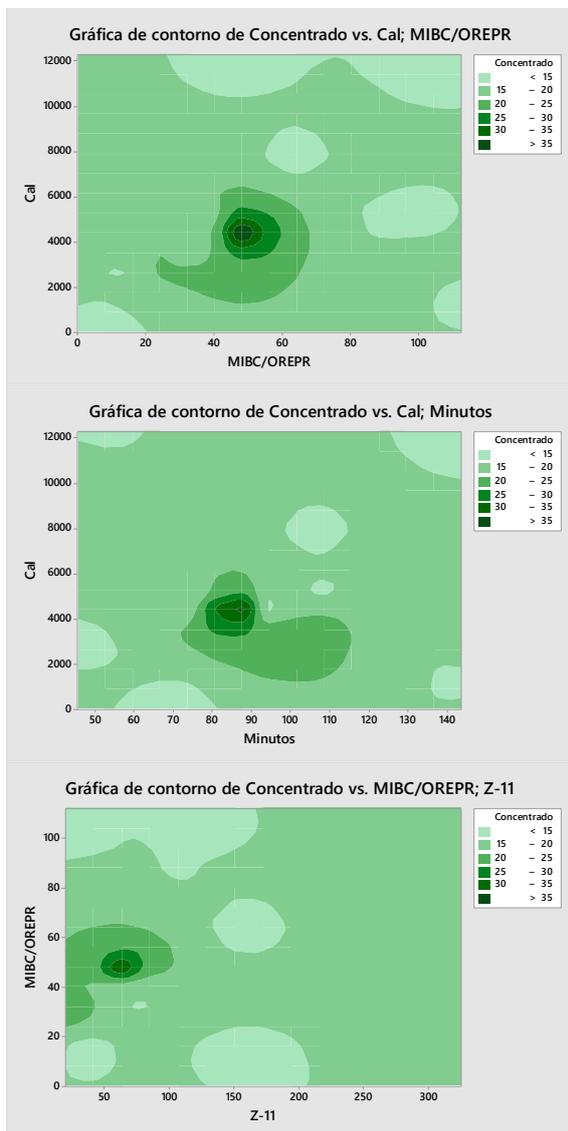
Anexo 9 reactivos empleados de la prueba 15

ETAPA	REACTIVOS ADICIONADOS (g/TM)											t min
	METABS	NaCN	Cal	A-3894	A 404	Z-11	MIBC/OREPR	Min250	NaSH	3418	pH	
Molienda												20.0
Acondicionamiento	1250	75	2379	46	18		18	500			11.00	10.0
Flotación Rougher I											11.00	10.0
Flotación Rougher II	250	25		25	30	40	20	250	50		11.30	15.0
Remolienda	200	50	1400						75			20.0
Cleaner I				54	30	30	9	250			11.50	5.0
Cleaner II			600								12.00	5.0
TOTAL	1700	150	4379	125	78	70	47	1000	125	0		85.0

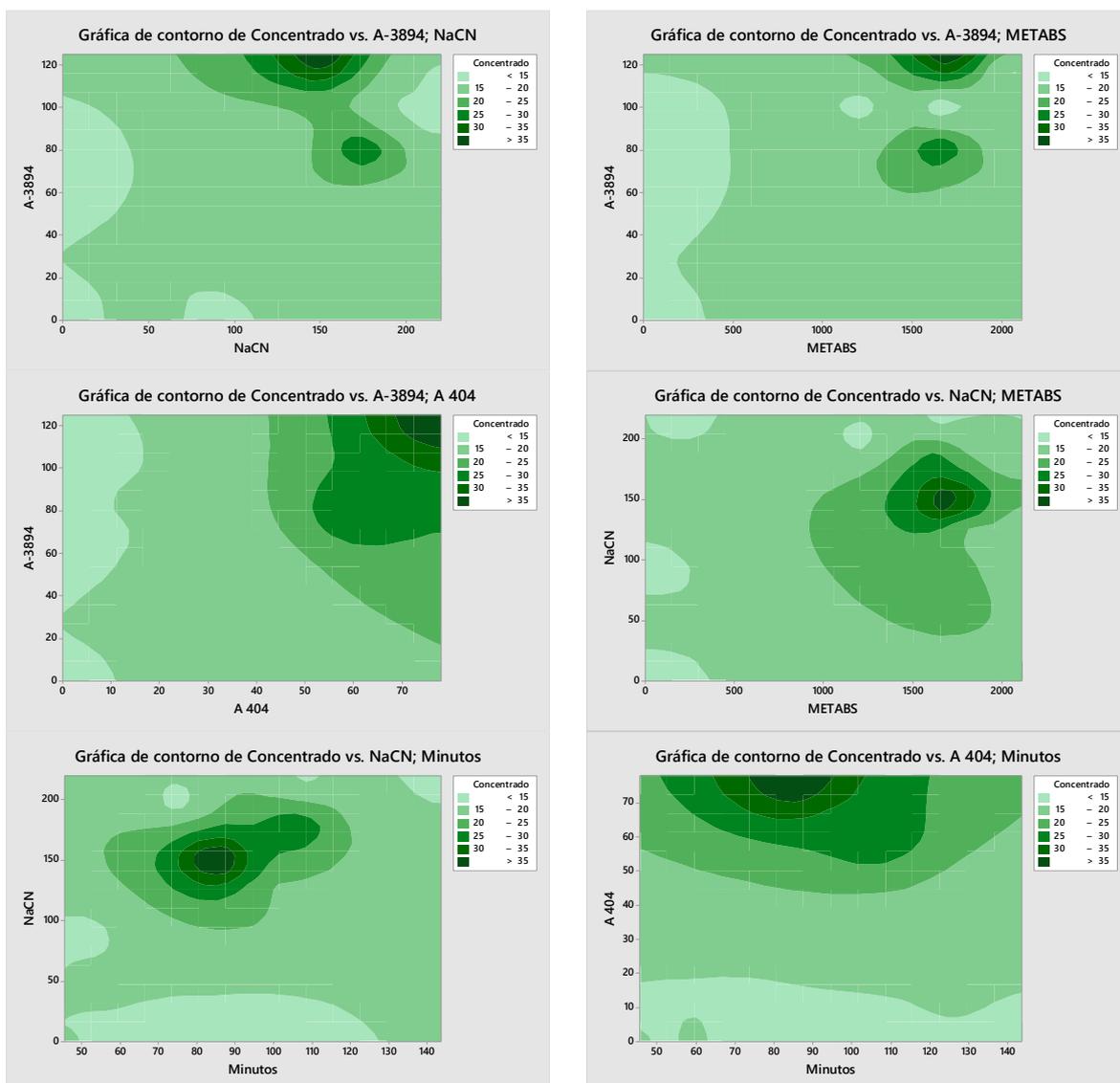
Anexo 10 reactivos empleados de la prueba 16

ETAPA	REACTIVOS ADICIONADOS (g/TM)											T min
	METABS	NaCN	Cal	A-3894	A 404	Z-11	MIBC/OREPR	Silic.Na	NaSH	MIN	pH	
Molienda												20.0
Acondicionamiento	1250	75	1552	50	30		30	300			10.50	10.0
Flotación Rougher I											10.50	10.0
Flotación Rougher II	200	25	17		15	30		200	50		10.50	10.0
Remolienda	200	75	1464						20			40.0
Cleaner I				30	15					50	11.50	6.3
Cleaner II			40								11.50	5.0
Cleaner III											11.50	4.0
TOTAL	1650	175	3073	80	60	30	30	500	70	50		105.3

Anexo 11 Efecto de los reactivos colectores espumantes y tiempo en la concentración de la plata



Anexo 12 Efecto de los reactivos depresores y promotores en la concentración de la plata



Anexo 15 Reactivos usados en las 16 pruebas experimentales

N° Prueba	(%-200m)	onz Ag/T		%R	Tiempo	onz Ag/T		Complejo	PEB	5100	METABS	Na2CO3	A-242	NaCN
	74 µ	Cabeza	Concentrado		Minutos	Concentrado	%R							
1	72	14.63	17.38	57.00	45.50			300.0	40.0					
2	72	11.41	11.34	74.58	70.50				175.0			500.0		
3	80	11.75	12.20	77.04	95.00									
4	80	11.40	13.46	93.30	106.00									
5	80	12.14	17.88	74.26	57.50								64.0	60.0
6	80	11.12	12.23	81.51	47.50			300						
7	80	16.53	12.58	58.61	50.00				46.4					80
8	80	11.66	14.14	97.83	75.00						1200			200
9	80	12.12	14.41	98.15	108.00						2050			220
10	80	11.28	13.32	94.64	143.50						1700			220
11	80	11.69	14.41	98.61	140.00						230			220
12	80	12.23	15.65	95.61	126.50						2110			120
13	80	12.60	15.47	95.45	137.00	45.30	25.53				1950			190
14	80	12.39	18.98	69.57	104.00	43.27	18.30				1850			120
15	80	11.72	39.67	47.38	85.00	68.10	27.46				1700			150
16	80	11.36	28.42	77.53	105.30	94.59	28.42				1650			175

NaOH	Cal	A-31	A-3894	A 404	MT 4064	Quebracho	FeSO4	Z-6	Z-11	MIBC/OREPR	D640	Min250	Silic.Na	Na2S	NaSH	MIN	A-3418
	11039								100								60.0
7719.0								50.0	150		9.0						175.0
	4737.0		69.4					35.0	75		36.0						75.2
	7780		81.1						155		63			600			112.8
	3620.0	21.0				300.0	1225.0		325		18.0			1200.0			75.0
	12295				165				75		44.5						25
	3068		0		50				40		13.5			0			
	5000		100						120		90	424			200		30
	5320		113.2						130		100	698			200		30
	12291		98.2					150	20		104.8		1300		120		26.3
	1282.05		96					20	110		112.2		1150		120		26.3
	2745		84	15					135		89.8		900		0	0	
	3520		49	36				0	60		33.6		900				
	2470		46	30					30		30		700		70		
	4379		125	78					70		47	1000			125		
	3073		80	60					30		30		500		70	50	

Anexo 16 Matriz de consistencia general

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
		General		Independiente	
FLOTACIÓN DE MINERALES ARGENTÍFEROS PARA LA CONCENTRACIÓN DE PLATA A NIVEL EXPERIMENTAL EXTRACCIÓN DE ORO A NIVEL LABORATORIO	¿Será posible el proceso de flotación de minerales argentíferos, para la concentración de plata a nivel experimental?	Evaluar el proceso de flotación de minerales argentíferos, para la concentración de plata a nivel experimental.	Realizando una evaluación de la caracterización de minerales argentíferos, se podrá concentrar menas de plata por flotación de la minera volcán de acorde los requerimientos.	Flotación	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo. - Reactivos. - Circuito.

Anexo 17 Matriz de consistencia específico.

Titulo	Problema	Objetivos Específicos	Hipótesis	Variable Dependiente	Indicadores
<p>FLOTACIÓN DE MINERALES ARGENTÍFEROS PARA LA CONCENTRACIÓN DE PLATA A NIVEL EXPERIMENTAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida el tiempo tendrá influencia en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtener una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos? • ¿En qué medida los reactivos de flotación actuaran en los minerales argentíferos, para obtener una calidad adecuado de concentrado de argentita? • ¿En qué medida los circuitos de flotación para minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado? 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el tiempo adecuado en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtener una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos. • Evaluar el uso de los reactivos de flotación en los minerales argentíferos, para obtener una adecuada calidad de concentrado de argentita. • Evaluar los circuitos de flotación de minerales argentíferos, que nos permita obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un tiempo optimo tendrá influencia en el proceso de flotación de minerales argentíferos, para obtendrá una recuperación adecuado de plata de acorde los requerimientos. • Con un control y selección de los reactivos en la flotación de los minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado. • Con un diseño adecuado del circuito de flotación para minerales argentíferos, nos permitirá obtener una calidad y recuperación adecuado de plata en el concentrado. 	<p>Concentración</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad. - Recuperación