

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

“TESIS”

Título:

PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO DE ZINC Y PLOMO , UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN 2016.

Autor:

HIGIDIO MORALES, Jesús Orlando.

Asesor:

Mg. IPANAQUE ROÑA, Juan Manuel

Huacho - Perú
2018

DEDICATORIA

**A DIOS POR BRINDARME SABIDURIA Y CONOCIMIENTOS Y A MIS PADRES
POR EL APOYO INCONDICIONAL PARA CUMPLIR MIS META DE SER
PROFESIONAL.**

AGRADECIMIENTO.

**A DIOS POR PERMITIR TERMINAR MI CARRERA PROFESIONAL Y
GRADUARME.
A MIS PADRES POR SER LOS RESPONSABLES DE UNA META CUMPLIDA
A MIS FAMILIARES POR SU APOYO INCONDICIONAL
A LOS DOCENTES DE MI FACULTAD POR SUS SABIAS ENSEÑANZAS.
A LA EMPRESA MINERA POR FACILITARME DE REALIZAR MI
INVESTIGACION- TESIS.**

PENSAMIENTO

**“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y
pensar lo que nadie más ha pensado”.**

Albert Szent – Györgyi.

RESUMEN

Los procesos de concentración de minerales ha incluido desde comienzos del siglo anterior a la flotación por espumas, que es considerado como uno de los más importantes descubrimientos tecnológicos de los últimos tiempos en el área de, las industrias extractivas minero metalúrgicas, que consiste en la aplicación de los principios de la físico química de superficies, tales como la **hidrofobicidad** de las especies valiosas con respecto a la **hidrofilicidad** de los minerales de ganga. En este estudio hemos considerado como objetivo principal verificar experimentalmente la flotación sin la adición de colector en el beneficio de minerales sulfurados de plomo y zinc en la UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN., para mejorar las Performances operativas de dicho proceso. Para efectos de esta tesis hemos considerado la siguiente hipótesis: Se podrá mejorar el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de la Recuperación del **Concentrado Zinc y Plomo** en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán. Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.

Un estudio en la flotación con reactivos de los sulfuros de plomo y zinc en el mineral de andaychagua en la presencia de sulfuro de sodio fue realizado. **Los parámetros del proceso y la influencia del sulfuro de sodio, sulfuro de zinc, tiempo de acondicionamiento, pH y limpieza de concentrado fueron investigados.** Los resultados fueron comparados con la flotación adicionando varios tipos de colectores. Llegándose a la conclusión de que la flotación con reactivos de los sulfuros de plomo y zinc a partir de minerales es posible después de que selectivos concentrados **rougher** fueran obtenidos. El concentrado de plomo contuvo 31.70% Pb con 85.13% de recuperación y el concentrado de Zn ensayaron 50.59% de Zn con 43.58 % de recuperación. Esto pudo competir con los resultados de flotación agregando colector.

PALABRAS CLAVES: hidrofobicidad, hidrofilicidad, Concentrado Zinc y Plomo, Los parámetros del proceso y la influencia del sulfuro de sodio, sulfuro de zinc, tiempo de acondicionamiento, pH y limpieza de concentrado fueron investigados

SUMMARY

Mineral concentration processes have included foam flotation since the beginning of the previous century, which is considered one of the most important technological discoveries of recent times in the area of mining, metallurgical mining, which consists in the application of the principles of the physical chemistry of surfaces, such as the **hydrophobicity** of valuable species with respect to the **hydrophilicity** of the gangue minerals. In this study we have considered as the main objective to experimentally verify the flotation without the addition of a collector in the benefit of sulphide minerals of lead and zinc in Pb the ANDAYCHAGUA MINING UNIT OF VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN., To improve the operational Performances of said process. For the purposes of this thesis we have considered the following hypothesis: The Flotation Process by Foam for the Increase of the Recovery of Zinc and Lead Concentrate in the Andaychagua Volcan Mining Unit can be improved. Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.

A study on the flotation with reagents of lead and zinc sulphides in the andaychagua mineral in the presence of sodium sulphide was carried out. **The parameters of the process and. the influence of sodium sulfide, zinc sulphide, conditioning time, pH and cleaning of concentrate were investigated.** The results were compared with the flotation adding several types of collectors. It was concluded that flotation with reagents of lead and zinc sulphides from minerals is possible after selective **rougher** concentrates were obtained. The lead concentrate contained 31.70% Pb with 85.13% recovery and the Zn concentrate tested 50.59% Zn with 43.58% recovery. This could compete with the flotation results by adding collector.

Keyword: hydrophobicity, hydrophilicity.

sulphide minerals of lead and zinc in Pb.

The parameters of the process and. the influence of sodium sulfide, zinc sulphide, conditioning time, pH and cleaning of concentrate were investigated.

ÍNDICE

Caratula.	I
Dedicatoria.	II
Agradecimiento.	III
Pensamiento.	IV
Resumen	V
Índice General.	VI
Índice de Tabla.	X
Índice Diagrama de flujo	X
Índice de Gráficos	XI
Índice de Anexos	XI
Introducción	XII

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	13
1.2.1. Problema General.	13
1.2.2. Problema Específico.	14
1.3. OBJETIVOS.	14
1.3.1. Objetivos Generales.	14
1.3.2. Objetivos Específicos.	14

1.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.	15
1.4.1.	Hipótesis General.	15
1.4.2.	Hipótesis Específicas.	16
1.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	16
1.6.	JUSTIFICACIÓN.	16

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	17
2.1.1.	Investigación n Relacionada con el Estudio.	17
2.1.2.	Otras Publicaciones.	40
2.2.	BASES TEÓRICAS.	44
2.2.1.	Abastecimiento de mineral de mina	44
2.2.2.	Chancado primario y almacenamiento	44
2.2.3.	Circuito molienda	45
2.2.4.	Flotación bulk	46
2.2.5.	Reactivos de flotación	48
2.2.6.	Variables operacionales relevantes en el proceso	48
2.2.7.	Celdas de flotación	49
2.2.8.	Precauciones de manejo	50
2.2.9.	Espesamiento y filtrado de concentrado	50
2.2.10.	Disposición de relaves	51

2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.	51
2.3.1. flotación de minerales	51
2.3.2. Proceso de la flotación por espumas	53
2.3.3. Cinc.	53
2.3.4. Plomo	53
2.3.5. Pulpa.	55
2.3.6. Ph.	56
2.3.7. Aire	57
2.3.8. Reactivos	58
2.3.9. Agitación.	58
2.3.10. Reactivos de flotación	59
2.3.11. Clasificación de los reactivos	61
2.3.12. Reactivos empleados en el proceso	61

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.	63
3.1.1. Tipo de Investigación.	63
3.1.2. Enfoque de investigación	63
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	63
3.2.1. Población.	63
3.2.4. Muestra.	64
3.3. TÉCNICA DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
3.3.1. Técnicas a emplear.	64
3.3.2. Descripción de los instrumentos.	

CAPÍTULO IV

RESULTADO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS

4.1 CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA	66
4.1.1. Preparación de la muestra	68
4.2 REACTIVOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.	71
4.2.1. Reactivos químicos	71
4.2.2. Equipos	71
4.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	78
4.4 RESULTADOS y DISCUSION.	80
4.5 ANALISIS Y DISCUSIONES	87

CAPITULO V CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.	88
5.2 RECOMENDACIONES.	89

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	90
6.2. FUENTES ELECTRÓNICOS	92
6.3 Anexos.	93

ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1	: Operacionalización de variables	16
Tabla N° 2	: Operacionalización de variables	38
Tabla N° 3	: Cuadro de volumen y celda de flotación	55
Tabla N° 4	: De reactivos	76
Tabla N° 5	: De insumos	81

INDICE DE DIAGRAMA DE FLUJO

Dgf. N° 1	: Circuito de flotación	60
Dgf. N° 2	: De la celda de flotación por espuma	75

ÍNDICE DE IMAGENES

Fig. N° 1	: Medidor de ph	57
Fig. N° 2	: Espumantes de los reactivos	61
Fig. N° 3	: Espumantes de los reactivos	61
Fig. N° 4	: Minerales de plomo	64
Fig. N° 5	: Minerales de zinc	64
Fig. N° 6	: Celda de flotación por espumas	66
Fig. N° 7	: Flotación por espumas	67
Fig. N° 8	: Flotación de la pulpa por aire	70
Fig. N° 9	: Flotación de la pulpa por aire	70
Fig. N° 10	: Celda de Flotación	74

ÍNDICE DE GRAFICOS

Graf. N° 1	: De reactivos de sulfuro de sodio	82
Graf. N° 2	: Efecto del sulfuro de sodio adicionado en el circuito de zinc sobre el grado y recuperación de zinc (pH 8.1)	83
Graf. N° 3	Efecto del sulfato de zinc sobre los grados y recuperaciones de Pb y Zn en los concentrados de Pb (pH 8.1 en el circuito de Pb)	84
Graf. N° 4	: Efecto del sulfato de zinc sobre los grados y recuperaciones de Pb y Zn en los concentrados de Zn (pH 8.1 en el circuito de Pb y, pH 10.3 y 660 g/t Cu504 adicionado en el circuito de Zn)	85
Graf. N° 5	: Efecto del tiempo de acondicionamiento en el circuito de plomo tanto en los grados y recuperaciones de Pb y Zn en sus correspondientes concentrados (pH 8.1 y 100 g/Mg ZnSO4 en el Circuito de Pb y pH 10.3 y 660 g/Mg CuSO4 en el Circuito de Zn).	86
Graf. N° 5	: Medición de ph	87

ÍNDICE DE ANEXO

A-1	: Matriz consistencia general	94
A-2	: Matriz consistencia específico	95
A-3	: Plomo-zinc	96
A-4	: Tanques y celdas de flotación	97
A-5	: Adición de reactivos	98

INTRODUCCIÓN

La Unidad Minera Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A** es una empresa peruana. La principal actividad de la unidad de producción Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A**, es la obtención de concentrado de zinc, plomo-plata y campañas de cobre (sulfuros primarios de cobre), el incremento de capacidad operativo se realizó en forma secuencial tratando en la actualidad 600 TMSD.

En la Planta Concentradora el tratamiento del mineral se realiza mediante el proceso de flotación por espumas, para obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado. Los asuntos coyunturales relacionados con la situación actual de los mercados de metales, en el sentido de las alzas en las cotizaciones y a la tendencia a mantenerse en la situación expectante que se prevé permanecerá por lo menos algunos años más, hace que los esfuerzos de las empresas se enmarquen en mejorar sus performances de sus sistemas de explotación y beneficio de minerales, por esta razón la intención de este trabajo de investigación es la de contribuir a esclarecer los conceptos fundamentales de la En la Planta Concentradora el tratamiento del mineral se realiza mediante el proceso de flotación por espumas, para obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado.

La presencia de los reactivos como sulfuro de sodio fue realizado. Con la finalidad de estudiar los parámetros del proceso con reactivos de la pulpa y la influencia del sulfuro de sodio, sulfuro de zinc, tiempo de acondicionamiento, pH y limpieza de concentrado. Los resultados se compararán con la flotación adicionando varios tipos de reactivos.

Esta tesis se estructura de la siguiente forma, se presenta un primer capítulo de las generalidades del estudio, un segundo donde se presentan los fundamentos teóricos, para que en un tercer capítulo se exponga la metodología de la investigación, que comprende de la parte experimental, presentación y discusión de resultados. En tal sentido ponemos a consideración de los señores miembros del jurado, el presente estudio, esperando alcance con los objetivos especificados, y nos permita obtener el título profesional de Ingeniero Metalúrgico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

A nivel mundial en el proceso de explotación de los minerales se han encontrado un sin número de deficiencias en la flotación de minerales, por ello en búsqueda por mayor eficiencia en las tecnologías, en términos de energía, tiempos de operación y ahorro de espacio. (FONSECA MORA J.A, 2012 CHILE)

La Unidad Minera Andaychagua **de Volcán Compañía Minera S.A.A** Establece una tendencia de innovación en su sistema de flotación por espuma en la industria.

La Unidad Económica Administrativa Andaychagua se ubica políticamente en el Distrito de Huay Huay, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, en la Región Junín.

La Unidad Minera Andaychagua **de Volcán Compañía Minera S.A.A** En la Planta Concentradora el tratamiento del mineral se realiza mediante el proceso de flotación por espumas, para obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado.

El proceso de la Planta Concentradora Andaychagua, consta con las siguientes operaciones laborales: chancado, molienda, flotación, filtración y finalmente secado del concentrado. Que con lleva optimizar las variables operativas, pero existen perdidas económicas y en virtud a lo antecedido como prioridad es tratar minerales utilizando El Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo , utilizando reactivos , por ello se plantea el problema que se describe en el siguiente ítem.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

¿En qué medida el Proceso de Flotación por Espuma Influye en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?

1.2.2. **PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- ¿De Qué Manera la pulpa Influye en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?
- ¿De qué manera el aire influye en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?
- ¿En qué medida las sustancia químicas o reactivos cumplen una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?

1.3. **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

1.3.1. **OBJETIVO GENERAL.**

Determinar en qué medida el Proceso de Flotación por Espuma Influye en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.

1.3.2. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar de qué Manera la pulpa Influye en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.
- Evaluar de qué manera el aire influye en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016..
- Evaluar en qué medida las sustancia químicas o reactivos cumplen una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016

1.4.FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

El Proceso de Flotación por Espuma Influye, en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán. Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- la pulpa Influye, en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.
- el aire influye, en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.
- las sustancias químicas o reactivas cumplen, una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.

1.5. CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 1: Operacionalización de Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
Independientes	
<ul style="list-style-type: none">Proceso de Flotación por Espuma	<ul style="list-style-type: none">Pulpa - DensidadpHAire - ventilador
Dependientes	
<ul style="list-style-type: none">Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo.	<ul style="list-style-type: none">ReactivosEspumantesColectoresModificadores

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION.

La realización del presente trabajo de investigación llevado a cabo en la unidad de producción Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A**, en **Proceso de Flotación por Espuma y su influencia en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo**, se realizara en la planta concentradora a nivel de flotación por espumas y a nivel laboratorio; dicho estudio nos brindara información para realizar una evaluación técnica y económica para luego dimensionar a nivel industrial, así mismo se verificara la factibilidad de la operación en tema de costos de producción viendo si es económicamente rentable, desde otro punto de vista todo trabajo de inversión de minería planificado produce fuentes de ingresos a toda la población involucrada directa e indirectamente. Los métodos, procedimientos, técnicas e instrumentos empleados en la investigación, una vez demostrada su validez y confiabilidad podrán ser utilizadas en futuros trabajos de investigación.

Con este trabajo se desea incrementar el valor económico de los minerales plomo y zinc.

El logro de este propósito beneficiará a la empresa y para los investigadores será una ocasión para incrementar sus conocimientos en estos temas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO.

a. Título de la tesis 1 lugar y año de ejecución.

MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE COSTEO BASADO EN ACTIVIDADES PARA EL PROCESO DE FLOTACION DE LA COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI. SANTIAGO DE CHILE ABRIL, 2008.

Apellidos y nombres del autor CATALDO GÓMEZ PEDRO HUGO

Institución que respalda el estudio. UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA INDUSTRIAL

▪ **Objetivo General.**

El objeto principal del trabajo es mejorar el control de costos de los procesos productivos de la Compañía, contribuyendo a la eficiencia en la toma de decisiones respecto de las optimizaciones necesarias para lograr una mayor competitividad en el mercado.

▪ **Tipo y diseño metodológico de la investigación.**

METODOLOGÍA DESARROLLO SISTEMA ABC

La metodología que se utilizará en el desarrollo de trabajo, contempla las siguientes etapas:

5.1 Etapa 1: Definición de actividades

La primera etapa es definir aquellas actividades del proceso que realiza en un período elegido. Esta definición pasa por identificar aquellas actividades que consumieron los recursos que el proceso utilizó en un período, de forma tal que el total de recursos consumidos pueda ser vinculado con las actividades definidas. Esta vinculación es fundamental en esta concepción, y debe ser tenida en cuenta en todo momento. Dado que el ABC plantea un costeo integral hacia las actividades (salvo

por los costos directos), es fundamental tener presente al definir las mismas, que todos los gastos o costos incurridos, deben tener una relación directa con el desempeño de alguna o algunas actividades. Además, el nivel de detalle o el tipo de actividades definidas puede variar, incluso en el mismo proceso de otra empresa, conforme a la profundidad de análisis requerida.

La definición de actividades es realizada por quienes conocen cómo se realizan, determinando el consumo de recursos asignable a cada una de ellas, y en qué proporción se vuelcan a cada producto o servicio. Por otra parte, la identificación de actividades por área permite una mejor determinación de los costos de las mismas, restringiendo el universo de gastos o costos que deben ser distribuidos entre ellas. Requiriendo que el plan de cuentas actual prevea la imputación de gastos por centro de costos, y que dicha imputación se realicen adecuadamente. Algunas veces los criterios de imputación contables no coinciden con el criterio definido para el costo de las actividades, por lo que algunas imputaciones deberán ser Revisadas, pudiendo surgir redistribuciones entre centros de costos.

Muchas veces los jefes de área no se sienten conformes con los sistemas de costos porque no contemplan sus dificultades reales en el manejo de los productos o servicios, esta es una buena oportunidad para que ellos sean quienes definan los criterios de asignación, y aporten su visión "operativa" del proceso. Dicha visión es difícil de lograr por parte de los responsables de la contabilidad de costos o del control de gestión en las empresas, generalmente personas con formación predominantemente contable o financiera. Esta "divulgación" del sistema de costos a toda la empresa permite incluso a estas personas, conocer más a fondo la realidad, el "cómo" se hacen las cosas en la misma, a través que los responsables funcionales les manifiestan durante el proceso de costeo.

La lista de actividades por proceso (empresa en general si se ha optado por hacerlo en forma global), se realizan mediante encuestas con formulario prediseñado e instrucciones escritas y entrevistas personales de validación. Otra alternativa será utilizar una formulación centralizada de una lista estándar de actividades, la que deberá ser revisada y complementada por los responsables del proceso.

5.3 *Etapa 2: Definición de Elementos de costo o Recursos*

La definición de los Elementos de costo o Recursos, es una etapa que se llevará a cabo antes de la definición de las actividades, y se irá completando durante o en forma posterior a la misma.

Antes de definir el concepto de Elemento de costo, nos parece importante resaltar que desde el punto de vista del ABC, no existen "gastos" en su concepción contable o tradicional. Podríamos decir que todos los recursos consumidos por la empresa son "costos" de productos, canales, clientes, etc. Este concepto está estrechamente relacionado con el de costeo integral, ya que al ser el objetivo del ABC asignar el 100% de los gastos a productos o servicios, todos ellos se transforman en costos.

Los elementos de costo son, a efectos del ABC, agrupaciones de los costos en que incurre el proceso o empresa, clasificados de acuerdo a su naturaleza. Un Elemento de costo intenta representar uno de los tantos recursos con los que cuenta la empresa en el desarrollo de sus actividades. Este agrupamiento permite por un lado, una asignación más sencilla de costos a actividades, ya que se asignan costos de similar origen o naturaleza utilizando las mismas unidades de asignación; y por otro lado, permite manejar los análisis posteriores a un nivel de detalle relevante.

De esta forma, todos los costos serán agrupados en distintas categorías o Elementos de costo, y cada categoría será considerada como un solo tipo de costo a efectos de su asignación a las actividades que desempeña el mismo.

Los elementos de costo más típicos son los siguientes:

- *Materias primas y materiales*: Incluye materias primas y materiales incorporados directamente al producto o servicio.
- *Mano obra directa*: Incluye la mano de obra de fábrica que puede ser asignada directamente a productos de acuerdo a relaciones técnicas preestablecidas.
- *Mano de obra indirecta*: Incluye todos los gastos incurridos por el proceso u organización en el período de referencia, en relación con sus recursos humanos, excepto la mano de obra directa (sueldos y jornales, leyes sociales, gratificaciones, gastos de capacitación, gastos de alimentación, etc.).
- *Servicios de terceros*: Agrupa todos los gastos devengados en contrapartida del servicio

o asesoramiento recibido de una entidad o de personas ajenas a la empresa (servicios de abogados, consultores, médicos, etc.).

- *Edificios e instalaciones*: Representa el consumo de los recursos edicios y de instalaciones con que cuenta la empresa como infraestructura para el desarrollo de sus actividades (amortizaciones, seguros, gastos de mantenimiento de edificios y demás instalaciones).
- *Equipos*: Refleja los gastos devengados en relación con el uso de los equipos con que cuenta cada proceso de la empresa para el desempeño de sus actividades (amortización, seguros, gastos de mantenimiento de equipos de fábrica, computación, etc.).
- *Publicidad y gastos de venta*: Gastos relacionados con el manejo de campañas publicitarias, promociones, atenciones a clientes, etc.
- *Gastos de administración*: Categoría residual cuyos componentes individuales no se consideran relevantes a efectos del análisis. La distinción tradicional entre costos directos e indirectos nos servirá para delinear el tratamiento dado por el ABC a cada uno de ellos. Los costos directos son aquellos respecto a los que se puede establecer una relación directa con la producción o venta de los productos o servicios, es decir que se puede identificar exactamente cuánto consumió tal producto o servicio de tal recurso. Es el caso de las materias primas incorporadas al producto o la mano de obra directa, respecto a las que se sabe con certeza o en forma aproximada qué monto de cada uno de ellos consumió determinado volumen de producción. Respecto a estos costos, el ABC no presenta respuestas adicionales, ya que su asignación a productos resulta bastante clara y es realizada por los sistemas tradicionales en base a fórmulas técnicas de consumo. La asignación a actividades es similar al de los sistemas Contables tradicionales, es decir, directamente a los productos o servicios.

Donde si adquiere toda su potencialidad el ABC es en el tratamiento de los costos indirectos. Los costos indirectos, tanto los de fábrica como los del resto del proceso o empresa, constituyen un entramado de recursos volcados a sustentar en forma más o menos estrecha la producción y comercialización de los productos o servicios de la empresa. Dada esa vinculación no tan directa, estos costos no pueden ser atribuidos a los distintos productos o servicios por criterios tan simples de consumo como en el caso de los directos. El postulado básico del ABC, es que estos costos se generan en el desarrollo

de actividades que se realizan con el objetivo último de producir y vender los productos. Surge como idea entonces, determinar el consumo que de estos recursos realizó cada actividad, y luego determinar que porción del costo de cada actividad se volcó al sustento de cada producto.

Dentro de los costos indirectos tendremos por ejemplo, mano de obra indirecta y gastos indirectos, concentrados en elementos de costos tales como mano de obra, equipos, edificios, servicios de terceros, etc.

5.4 Etapa 3: Asignación de costos a las actividades

Definidas en las dos etapas anteriores, las actividades y los costos globales que las mismas consumieron, agrupados por Elementos de costos, podemos iniciar en forma más concreta el proceso de costeo.

La tarea para cada proceso en particular y para la empresa en general, consiste en determinar en forma aproximada, que proporción de cada recurso o Elemento de costo ha consumido cada una de las actividades desarrolladas en el período considerado. Es para ello necesario que aquellas personas directamente involucradas o conocedoras de la forma en que se llevan a cabo las actividades, identifiquen las medidas más adecuadas de consumo para cada Elemento de costo. Debe identificarse cómo los distintos recursos con que cuenta la organización se han volcado o han sido consumidos en la ejecución de las distintas actividades que la misma desarrolló en el período. El ejemplo que veremos servirá para mostrar más claramente este proceso de asignación de costos.

Una distinción que nos parece interesante es entre costos totales y costos relevantes. Considerar costos totales significa llevar a las actividades todos los costos incurridos en el período. Costos relevantes son aquellos sobre los que el proceso o empresa puede actuar más directamente en la intención de reducirlos.

Los costos, tales como la amortización de equipos, los edificios, etc. no pueden ser controlados por su responsable, y por lo tanto desde el punto de vista de gestión sería más útil discriminarlos, y mostrar solo los costos que se considera relevantes a efectos de la toma de decisiones. Creemos que esta distinción asume relevancia cuando el tipo de decisiones a adoptar son de corto plazo, es decir, del tipo de las de control de gestión.

Cuando el costeo se realiza con una orientación hacia la toma de decisiones estratégicas, no debería existir este tipo de distinción, en la medida que todo gasto sería reducible o eliminable en el mediano o largo plazo.

La misma consideración merece la diferenciación entre costos fijos y variables, que muchas veces se plantea como limitación en relación a la reducción de los recursos empleados. Esta distinción se realiza muchas veces tomando como único factor de variabilidad de los costos, el volumen. La realidad de las empresas determina que muchos de los costos que tradicionalmente se consideran fijos, en realidad son variables (aún en el corto plazo), pero si podemos determinar efectivamente cuál es su real fuente de variabilidad. Esa fuente de variabilidad viene dada muchas veces por la complejidad de los procesos.

5.5 Etapa 4: Asignación de costos a los productos o servicios

La etapa final del proceso de costeo por actividades, consiste precisamente en asignar los costos de las mismas a los productos, tipo de clientes, canales de distribución, etc.

Esta asignación de costos debe hacerse, como resulta lógico, a través de la identificación de medidas de consumo adecuadas, a efectos de determinar qué monto de los recursos volcados al desarrollo de cada actividad, sirvió para soportar cada producto o servicio.

A esas medidas se les suele denominar "inductores" o "factores de asociación", tratando de distinguirlos de los criterios más o menos simplistas o arbitrarios adoptados generalmente para la distribución de costos indirectos a productos (volumen, horas mano de obra, horas máquina, etc.).

La idea central del ABC es que todas las actividades se desarrollan para soportar en alguna parte del proceso, el desarrollo de los productos. Es por ello que discriminar los costos en función de "qué" los genera, y no "dónde" se generan (centros de costo), permite identificar en forma más precisa las medidas de consumo de los costos por parte de los productos o servicios, y evitar de esa forma la adopción de criterios arbitrarios que sirven para distribuir a productos el monto de los gastos generales.

Los factores de asignación deben incorporar el conocimiento de quienes

desarrollan las actividades en cada proceso de la empresa y conocen por lo tanto cuál es la complejidad que cada producto o servicio agrega a la ejecución de esa actividad. En este punto es importante citar una limitación que a nuestro entender mantiene el sistema ABC. Este sistema postula la asignación integral de costos a los productos o servicios. Dicho postulado se basa en la relación que teóricamente tendrían todas las actividades de la empresa con alguna etapa del ciclo destinado a la producción y venta de los productos. En la realidad, algunos procesos encuentran dificultades para determinar los factores más adecuados de asignación del costo de algunas actividades a productos o servicios. El problema radica en que, efectivamente, algunas actividades no se realizan como soporte de los productos o servicios, sino que quienes las realizan identifican otros "outputs" al ejecutarlas. Por ejemplo, la actividad de elaborar Estados contables del proceso contable, no es desarrollada con una orientación hacia productos servicios, por lo que sus responsables no pueden decir qué parte de su esfuerzo y el de los recursos disponibles, volcaron hacia cada producto o servicio. Dichos costos resultarán por tanto distribuidos por criterios más o menos arbitrarios, aunque estarán perfectamente identificados y serán de un volumen muy inferior.

Finalmente, luego de haber determinado el costo de actividades imputables a cada línea de producto (u otro objeto de costo), deben ser asignados los costos directos, tales como materia prima, material de empaque, mano de obra directa, y otros gastos directamente vinculados con determinada línea.

- **Muestra**
- **Instrumento utilizado (principales Características y validación).**

EL ABC Reactivos encuesta. Equipo informática

- **Conclusiones.**

El modelamiento de costo basado en actividades (ABC, Activity based Costing) es un complemento fundamental a los sistemas de costeo tradicional, ya que permite tener una visión de los costos desde la perspectiva de la operación. En particular, si se busca mejoramientos a los procesos productivos de una Compañía, el sistema de costeo ABC entrega información clave para la toma de decisiones, sobre todo si se sabe que los costos indirectos en la estructura de costos de la Compañía, tienen un peso específico importante del costo total de producción.

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi utiliza un sistema de costeo que podría catalogarse como híbrido, pues presenta ribetes del sistema de costeo tradicional y ABC, cuyo propósito es registrar los costos asociados a las actividades de la Compañía es su etapa operacional de manera tal que permita identificar, analizar y controlar dichos costos en función de los responsables de la administración de los recursos que dan origen a tales costos, en función de los procesos/actividades a los cuales se destinan tales recursos y en función de los recursos mismos.

El presente trabajo se enfocó en desarrollar un ejemplo de la aplicación del costeo ABC, centrándose en un subproceso representativo del proceso minero que permite obtener el concentrado de cobre. Desde este punto de vista, solo se identificó un objeto de costo, por lo que la materialización del proyecto permitiría afinar la asignación de algunos costos indirectos que simplemente son prorrateados entre varios subprocesos. Entre estos recursos podemos mencionar: áreas de soporte (RRHH, Informática, Contratos, Abastecimiento, etc.), remuneraciones de supervisores de áreas operacionales y mantenimiento.

Sin embargo, si se aplicará el sistema de costeo ABC a todo el proceso minero de la Compañía, incluyendo la producción de cátodos se podría conseguir mayores beneficios, pues nos encontraríamos con subprocesos que participan en la producción de ambos productos finales (concentrado y cátodos), como por ejemplo, extracción, transporte y carguío. De esta forma, aquellos costos indirectos asignados directamente al subproceso podrían asignarse a las actividades específicas en las cuales fueron consumidos. Por ejemplo, el mantenimiento es considerado un costo directo de la operación pero no se identifica si contribuyó a la producción de concentrado y/o cátodos.

En consecuencia, la aplicación de un sistema de costeo basado en actividad permitiría a Collahuasi manejar de manera más eficiente, principalmente, los costos derivados del mantenimiento que significan alrededor del 20% del costo total, y así hacer más efectivas las iniciativas que se encuentra emprendiendo para mejorar ese proceso. La implementación de un sistema ABC completo para la Compañía, incluyendo su puesta en operación, se estima en aproximadamente un año. En particular, es necesario mejorar la instrumentación existente, con el fin de tener mediciones precisas, las cuales posteriormente se transformarán en los costos asociados a las actividades.

Título de la tesis 2 lugar y año de ejecución.

ANÁLISIS, MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN EN UNA CELDA DE CONTACTO. SANTIAGO DE CHILE ABRIL DE 2012. Apellidos y nombres del autor FONSECA MORA JAVIER ANDRES

- **Institución que respalda el estudio. UNIVERSIDAD DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA**

- **Objetivo General.**

Como objetivo general se busca estudiar y entender explorativamente el proceso de flotación de una celda de contacto bajo distintas configuraciones de operación y determinar modelos empíricos que logren caracterizar la operación del equipo. Se desea realizar además una comparación en el rendimiento de este equipo con las tecnologías convencionales a escala de laboratorio.

- **Tipo y diseño metodológico de la investigación.**

Preparación de muestras

Materiales y equipos utilizados:

- 40 [Kg] de muestra de mineral, bajo 2 [pulg].
- Chancador de mandíbula.
- Chancador de cono.
- Malla de harnero # 10.
- Molino de barras de 2,3 [Kg] de capacidad útil.
- Molino de barras de 20 [Kg] de capacidad útil.
- Set de mallas de tamizado ASTM (mallas # 20, 30, 40, 50, 70, 80, 100, 140, 200, 270, 325, 400, 500 y 635).
- Equipo de tamizado (Rot-up).
- Shaker para deslamado de muestras.
- Cuarteador tipo riffle para la homogenización de la muestra.

- Horno para secado de muestras.
- Implementos de seguridad personal, tales como zapatos de seguridad, overol, antiparras con filtro UV, audífonos, protector solar, máscara con filtro de polvo y guantes de cabritilla y látex.

Chancado: Se comienza con un mineral de gran tamaño, con rocas de unas 2 pulg de diámetro. Se hace pasar el mineral por el chancador de mandíbula (Figura 4.2) 2 veces esta una descarga de 1,8 mm. Luego de esto, la muestra es ingresada al chancador de cono (Figura 4.3). Este último equipo tiene como característica que su diámetro de entrada puede ser regulado, para obtener a su vez un producto más fino. La descarga de este equipo es pasada por el harnero (Figura 4.4), para separar por medio de la malla # 10. El mineral más grueso se vuelve a pasar por el chancador de cono, aunque ahora con la boquilla de alimentación más reducida, donde obtiene un 100% de la muestra bajo malla # 10.26 Figura 4.2. Chancador de mandíbula de laboratorio.

Molienda: Una vez que se tiene el tamaño de partícula deseado en la muestra se procede entonces a homogenizarla y cortarla, se utiliza un cuarteador como el que se observa en la figura 4.5. Se cortan luego muestras según la masa que se desea tener, en otras palabras se empacan muestras de 2,3 Kg para moler en los molinos pequeños, mientras que se requiere de una muestra de 20 Kg en el caso de operar el molino grande. Los molinos más pequeños del laboratorio (Figura 4.6) tienen un diámetro interno de 17 cm y un largo de 22,5 cm. Poseen 10 barras de $\frac{3}{4}$ de pulg y 25 de $\frac{1}{2}$ pulg de diámetro, todas de 21,8 cm de largo.

Por su parte, el molino de mayor capacidad en el laboratorio (Figura 4.7) tiene un diámetro interno de 54,5 cm y un largo de 90 cm. Posee 30 barras de 1 pulg 54 de $\frac{3}{4}$ de pulg de diámetro, todas de 88 cm de largo. En ocasiones el molino se encuentra con sus paredes interiores oxidadas, se debe realizar una limpieza, que consiste en cargarlo con cuarzo (400 g en un molino pequeño o 1 mm en un molino grande) y agregarle “un puñado” de cal y una cantidad suficiente de agua (estos volúmenes no se encuentran estandarizados y suelen definirse a criterio del operador). Se hace funcionar el equipo por unos 5 a 10 minutos para luego descargarlo y enjuagarlo con agua (tanto el tambor como las barras). Para poder determinar una cinética de molienda, en los casos en que no se posee una aún, se comienza por definir 3 ó 4 tiempos de molienda distintos para el mismo mineral.

Los puntos elegidos para las cinéticas en los molinos pequeños son 15, 30 y 45 minutos, mientras que los puntos elegidos para el molino grande son 10, 20 y 30 minutos. Una vez terminada una molienda, el equipo es descargado en un chute junto con sus barras, las cuales son lavadas con agua fresca o de proceso hasta recuperar todo el mineral. Es importante destacar que no puede utilizarse una cantidad excesiva de agua, ya que en el caso de una flotación, la pulpa mineral debe tener una concentración de sólidos definida, por lo que se debe lavar el molino y sus respectivas barras con la menor cantidad de agua posible. Luego de esto, la muestra molida bien podría flotarse o someterse a un análisis granulométrico. Una vez desocupado el molino, debe llenarse con agua y añadirse algo de cal hasta un nivel tal que las barras quedaran completamente sumergidas, y así evitar la corrosión de las componentes del equipo 29 Figura 4.8. Descarga de Molino de 2,3 Kilogramos de capacidad.

Análisis granulométrico: El muestreo de la pulpa puede realizarse de dos maneras. La primera consiste en filtrar la descarga del molino y secar la torta de mineral en un horno de secado. Una vez seca la muestra, ésta debe ser disgregada y homogenizada, para poder tomar una muestra aleatoria de unos 200 a 500 g.

La segunda opción es a partir de la misma pulpa generada en la descarga de la molienda. Se agita la muestra vigorosamente por unos minutos para asegurar que haya una suspensión total y homogénea de las partículas. Por medio de sifoneo o con un pequeño vaso precipitado puede sacarse una muestra de la pulpa hasta obtener unos 200 a 500 g de masa seca. Como esta muestra está húmeda, debe calcularse la masa de pulpa a muestrear a través de la concentración de sólidos. Este volumen es llevado al deslamado, donde por medio de una malla muy fina (puede ser # 500 ó # 635) colocada en un shaker separa las partículas ultra finas que pueden afectar en el tamizado al formar aglomerados capaces de tapar las mallas. Las lamas son filtradas y secadas por separado, mientras que el sobre tamaño es secado por su lado.

Experimentalmente se probaron ambos métodos de muestreo, entregando resultados muy similares. Una vez secas las muestras se pasan por el set de tamices presente en la figura 4.9, para luego pesar el contenido de cada malla y registrar la masa retenida. Una vez determinada la distribución granulométrica de la muestra, ésta es ajustada por el modelo de Swebrec para el cálculo del P80.30

Flotación Rougher en una celda mecánica

Materiales y equipos utilizados:

- Muestra de mineral.
- Agua fresca y/o de proceso.
- Celda de flotación mecánica de laboratorio.
- Reactivos de flotación (espumantes, colector, cal).
- Paleta de acrílico.
- Red de aire comprimido (Aire, CO₂ y/o N₂).
- Bandejas taradas para recepción de concentrado.
- Cronómetro.
- Balanza electrónica.
- Micropipeta.
- Rotámetro de gas.
- Implementos de seguridad personal: zapatos de seguridad, overol, antiparras y guantes de látex.

Luego de tener el mineral molido y con la concentración de sólidos indicada, éste es colocado a una celda de flotación (generalmente se coloca una celda bajo el chute de descarga del molino) y se le sumerge el agitador mecánico. La velocidad de agitación del impeler suele estar sujeta al volumen de la pulpa, ya que se le está transfiriendo energía cinética al sistema. Para efectos de las pruebas realizadas se utilizó una velocidad igual a 1000 RPM. Seguido de esto, se le agregan reactivos al sistema, es decir, espumante, colector, cal para regular el pH en la celda. Se deja acondicionar la pulpa por 5 minutos, 4 de ellos sin gas y el último minuto con un flujo determinado de gas. Se espera algunos segundos hasta que se haya formado una altura de espuma adecuada para finalmente comenzar a retirarla por medio de paleteo. Este paleteo debe ser parejo, constante y a lo largo y ancho de toda la superficie de la espuma. Se recomienda paletear cada 3 segundos, además de controlar temperatura, potencial REDOX y pH por medio de instrumentos de medición inmersos en la pulpa cada 10 minutos (termocupla, sensores de potencial y de pH respectivamente).

Flotación en celda mecánica.

Se suele continuar con esta operación mientras haya mineral flotable, reponiendo el nivel de la pulpa utilizando agua de proceso y agregando cal para controlar cambios en el pH del sistema. Por lo general cuando el mineral se agota deja de formarse un colchón de espuma estable observándose en cambio una cama de espuma muy delgada y con burbujas que se rompen fácilmente. Una vez concluida la flotación se pesan el concentrado y relave, además de anotar tanto su potencial y pH finales, como su consumo de cal durante el proceso. Las muestras son filtradas y secadas en el horno para luego enviarlas a análisis químico.

Flotación Rougher en una celda de contacto

Materiales y equipos utilizados:

- Muestra de mineral.
- Agua fresca y/o de proceso.
- Celda de contacto a escala piloto.
- Bomba peristáltica de alimentación y de relave.³²
- Cajón acondicionador.
- Reactivos de flotación (Espumantes, colectores, cal, depresantes).
- Red de aire comprimido (Aire, CO₂ y/o N₂).
- Cubetas taradas para recepción de concentrado.
- Cronómetro.
- Balanza electrónica.
- Rotámetro de gas.
- Manómetro con diafragma.
- Diferencial de presión.
- Jeringa (3ml).
- Implementos de seguridad personal, tales como zapatos de seguridad, overol, antiparras, audífonos, máscara con filtro de gases y guantes de látex.

Este proceso se lleva a cabo con cargas de 20 Kg secos. El circuito piloto se aprecia en la Figura 4.11 (diagrama de flujos en el anexo B) y consistiendo en un acondicionador o cuba de alimentación, ubicada en el extremo izquierdo. Una bomba de alimentación a la derecha en la figura, la cual puede funcionar con o sin by-pass en caso de cargar o vaciar el cajón acondicionador o también para recircular la pulpa a éste sin alimentar la celda. El circuito

incluye también una bomba de relave idéntica a la primera. Ambas son bombas peristálticas y reversibles. Por último, se incluye la celda de contacto de acrílico, que cuenta con mangueras de alimentación y relave de ½ de pulg de diámetro, y una tubería de descarga de concentrado de 3 pulg. En la manguera de alimentación se incluye una contracción (de diámetro variable, una suerte de válvula Pinch) junto al contactador para producir la turbulencia necesaria para que ocurra la colección. Como instrumentación se incluye un variador de frecuencias para el agitador del acondicionador y las bombas de alimentación y relave, un manómetro en el contactor y un rotámetro para la línea de aire comprimido (Figura 4.12). Este equipo incluye un diferencial de presión en el separador; cuyas mangueras se ubican a 53 cm y a 87 cm del rebalse respectivamente, para poder medir la altura del colchón de la espuma y el gas hold-up en la pulpa. Las dimensiones de la celda se pueden apreciar en el anexo A. Se comienza por colocar la pulpa en el acondicionador, para lo que se utiliza la bomba de alimentación, ajustada para funcionar con by-pass. El agitador debe ponerse en funcionamiento cuando el nivel de la pulpa logra sumergir sus aspas, y debe mantenerse así hasta el final de la prueba para evitar el embancamiento. Una vez ingresada toda la pulpa en el cajón, se debe apagar la bomba de alimentación y ensamblar las mangueras de manera que haya recirculación de la pulpa en el acondicionador 33 Figura 4.11. Circuito de la celda de contacto.

Se adicionan los reactivos pertinentes a la prueba; espumante, colector, cal para regular el pH en la celda y depresante en el caso que se requieran, dejando que la pulpa se acondicione durante 30 minutos.

Luego de esto, se deben instalar los medidores de pH y potencial REDOX en el acondicionador, teniendo cuidado en que éstos no se golpeen con las aspas del agitador. En caso de que el nivel de pulpa en el acondicionador esté muy bajo y no se puedan sumergir los instrumentos, se sugiere realizar las mediciones en la descarga de la recirculación de la pulpa o en la descarga del relave.

La celda se procede a llenar con pulpa, sin inyectar aire aún, con un flujo de alimentación igual a 8 [l/min]. Una vez alcanzado un nivel de pulpa de unos 30 cm bajo el rebalse (podría ser incluso un nivel más bajo si así se desea), se pone en marcha la bomba de relave a 8 [l/min] (puede también ser un flujo levemente menor al de la alimentación). Para poder mantener el nivel de la pulpa se recomienda ajustar sólo el flujo del relave. Durante este tiempo, siempre se deba retornar el relave al mismo acondicionador que alimenta la celda. Luego se inyecta

aire a la alimentación a un flujo entre 3 a 10 [l/min], dependiendo de la prueba que se esté realizando.

Una vez que el nivel esté fijo, se añade agua de lavado si es que se necesita por medio de la ducha ubicada en el extremo superior de la celda. Es probable que se deba volver a regular el flujo de relave para mantener el nivel más o menos estable. Para la operación de este equipo no es necesario el paleteo, ya que como es una celda que funciona en continuo la espuma se recupera por rebalse y el volumen desplazado se repone con la alimentación y con el agua de lavado si corresponde al caso. Rotámetro de aire comprimido y manómetro.

Se continúa con esta operación mientras haya material flotable. Por lo general cuando el mineral se agota, deja de formarse un colchón de espuma estable observándose en cambio una cama de espuma muy delgada y con burbujas que se rompen fácilmente, aunque en este caso puede significar también que hace falta espumante. Una vez concluida la flotación se pesa el concentrado y también el relave, además de anotar tanto su temperatura, potencial y pH finales, como su consumo de cal durante el proceso. Las muestras son filtradas y secadas en el horno para luego enviarlas a análisis químico.

Es importante mencionar que en el caso de realizar una separación de cobre y molibdeno el acondicionamiento de la pulpa suele tomar más tiempo, ya que debe inyectarse CO₂ al acondicionador por medio de una lanza para regular el pH hasta llegar a un nivel adecuado. Por otro lado, en lugar de aire en la celda, debe inyectarse N₂.

Materiales y equipos utilizados:

- Agua fresca.
- Celda de contacto a escala piloto.
- Bomba peristáltica de alimentación y de relave.
- Cajón acondicionador.
- Espumantes: MIBC, X-133, Dowfroth 250.
- Red de aire comprimido.
- Cubetas taradas para recepción de concentrado.35
- Rotámetro de gas.
- Manómetro con diafragma.
- Diferencial de presión.

- Jeringa (3ml).
- Huincha de medir.
- Implementos de seguridad personal: zapatos de seguridad, overol, antiparras y guantes de látex.

Pruebas de recuperación por arrastre en la celda de contacto

Materiales y equipos utilizados:

- Muestra de Cuarzo (20 Kg).
- Agua fresca.
- Celda de contacto a escala piloto.
- Bomba peristáltica de alimentación y de relave.
- Cajón acondicionador.
- Espumantes: MIBC, Dowfroth 250.37
- Red de aire comprimido.
- Cubetas taradas para recepción de concentrado.
- Balanza electrónica.
- Rotámetro de gas.
- Manómetro con diafragma.
- Diferencial de presión.
- Jeringa (3ml).
- Implementos de seguridad personal: zapatos de seguridad, overol, antiparras, audífonos y guantes de látex.

Pruebas de recuperación de agua de mar con agua de lavado Materiales y equipos utilizados:

- Muestra de concentrado colectivo.
- Agua de mar 38
- Agua fresca.
- Celda de contacto a escala piloto.
- Bomba peristáltica de alimentación y de relave.
- Cajón acondicionador.
- Reactivos de flotación (Espumantes, colectores, cal, depresantes).
- Red de gas comprimido (Aire, CO₂ y N₂).

- Cubetas taradas para recepción de concentrado.
- Cronómetro.
- Balanza electrónica.
- Rotámetro de gas.
- Manómetro con diafragma.
- Diferencial de presión.
- Jeringa (3 ml).
- Matraz de Kitasato
- Implementos de seguridad personal, tales como zapatos de seguridad, overol, antiparras, máscara con filtro de gases y guantes de látex.

▪ **Conclusiones.**

Respecto al arrastre de ganga puede decirse que el factor de arrastre en la celda de contacto no supera el valor de 0,4. Se demuestra que el arrastre aumenta junto con el flujo de gas, y disminuye al aumentar la profundidad de la espuma y el BIAS. Al hacer una comparación sobre el resultado obtenido en estas pruebas con los resultados en una celda convencional [16] puede verse que la celda de contacto tiene un menor factor de arrastre, lo que la hace muy conveniente para generar un concentrado de mayor ley.

Como conclusión, los datos obtenidos por medio de las pruebas de recuperación por arrastre permitieron generar un modelo para el factor de arrastre ENT en función de la velocidad superficial de gas y del flujo de agua de lavado por unidad de área de la celda. Sin embargo, se piensa que para el desarrollo de un mejor modelo debe seleccionarse una mayor cantidad de datos, y a su vez, tratar de incluir la fenomenología de cada variable sobre el arrastre.

Sobre las pruebas de arrastre de iones de agua de mar puede decirse que a pesar de haber observado un cortocircuito por parte del agua de lavado a través de la espuma, se observó un grado de desplazamiento de iones del concentrado. Por otro lado, en las pruebas de recuperación de iones de agua de mar durante una separación de cobre y molibdeno en la celda de contacto se obtuvo que el agua recuperada total en el concentrado de las primeras 3 etapas, corresponde a un 46%, del cual sólo un 37% de esa agua corresponde a agua de mar, infiriéndose una recuperación efectiva de agua de mar de un 17,7%, y se calculó una recuperación de iones apreciablemente mayor (4,3 veces mayor) en la cuarta etapa, donde se utilizó agua de mar como agua de lavado. Gracias a estos resultados obtenidos se puede

concluir finalmente que el agua fresca de lavado efectivamente mitiga el arrastre de iones desde el agua de proceso hacia el concentrado.

Respecto al desempeño reportado por parte de este equipo y al compararlo con la tecnología convencional de una celda mecánica, se concluye que esta celda de contacto a escala piloto posee un rendimiento menor al de una celda mecánica. Sin embargo debido a su mayor tamaño, es conveniente de operar para generar rápidamente concentrados *pre-Rougher*, concentrados primarios para pruebas columnares o para desalinizar en parte el agua que forma parte de la pulpa.

Para finalizar, este trabajo permitió realizar una primera caracterización de carácter explorativo de algunos fenómenos en la celda de contacto, tales como recuperación por arrastre, efecto del agua de lavado sobre el concentrado generado, características hidrodinámicas en la celda, y la recuperación de minerales. Por otro lado, se hizo una comparación en el desempeño de una celda de contacto con respecto a una celda de laboratorio agitada mecánicamente, siendo este trabajo, una iniciativa inicial para el estudio y modelamiento de esta nueva tecnología. Se espera que el futuro se continúe estudiando tanto los fenómenos ocurridos durante la operación de este equipo como el desempeño del mismo, ya sea estudiando fenómenos no incluidos en este trabajo o ahondando más en los temas tratados en esta memoria.

b. Título de la tesis 3 lugar y año de ejecución.

INSTALACION DE UNA PLANTA PILOTO DE FLOTACION, PARA EL TRATAMIENTO DE UN MINERAL AURIFERO REFRACTARIO EN MINERA COLIBRI SAC AREQUIPA- PERÚ 2015.

Apellidos y nombres del autor: MESTAS LAIME José Alejandro.

Institución que respalda el estudio.

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN DE AREQUIPA. FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA

▪ **Objetivo General.**

El objetivo del procesamiento de menas de oro es, extraer el oro con un mínimo costo de producción y un máximo retorno financiero. En consecuencia, la materia extraída de la mina debe ser reducida de tamaño hasta lograr la liberación de las partículas de oro, para ser

separado por métodos físico-mecánicos (ejemplo, gravimetría-amalgamación, flotación, etc.) hidrometalúrgico (lixiviación con solución débil de cianuro u otro lixivante).respectivo.

▪ **Tipo y diseño metodológico de la investigación.**

La flotación es un proceso de separación de materias de distinto origen que se efectúa desde sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas en base a sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas. Es un proceso aplicable a los minerales metálicos, no metálicos, sulfuros, silicatos, carbonatos, fosfatos, metales nativos, carbones. Estas separaciones pueden adoptar diversas formas:

Flotación colectiva: Se produce la separación en dos grupos, de los cuales el concentrado, contiene por lo menos dos o más componentes.

Flotación selectiva: se realiza la separación en diferentes concentrados, uno por cada valor metálico. Cuando las especies útiles constituyen una fracción menor del mineral y las especies estériles son de gran volumen, la separación por flotación toma el aspecto de un proceso de concentración, por ejemplo: Flotación Bulk; cuando la parte estéril es una fracción menor del mineral, las separaciones por flotación adoptan el carácter de un proceso de purificación, ejemplo: Flotación cleaner.

Fases del proceso de flotación:

El proceso contempla la presencia de tres fases: sólida: Mineral, líquida: Agua y gaseosa: Aire, que se inyecta a la pulpa, neumática o mecánicamente, para poder formar las burbujas, sobre los cuales se adhieren las partículas sólidas.

Los metales nativos, sulfuros o especies tales como grafito, carbón, talco y otras son poco mojables por el agua y se llaman minerales hidrofóbicos, por otra parte, los minerales que son óxidos, sulfatos, silicatos, carbonatos y otros que representan la mayoría de los minerales estériles son hidrofílicos, es decir, mojables por el agua. Se puede además observar que los minerales hidrofóbicos son aerofílicos, es decir, tienen afinidad por las burbujas de aire, mientras que los minerales hidrofílicos son aerofóbicos, o sea, no se adhieren a las burbujas. Los minerales hidrofílicos e hidrofóbicos de una pulpa acuosa, se pueden separar entre sí, después de ser finamente molidos y acondicionados con reactivos que hacen más pronunciadas las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas; Las partículas hidrofóbicas se van a pegar a las

burbujas de aire y pasan a la espuma, mientras que las partículas hidrofílicas se van a mojar y caen al fondo de la celda.

Descripción del Proceso:

El mineral sulfuro, proveniente de la mina Santa Rosa Mining SA (canta) , entra en una etapa de chancado donde se tritura en seco en dos etapas hasta obtener trozos menores a m 5/8" estos trozos en seguida, se entregan a un circuito de molienda, donde en un circuito húmedo de molienda fina el mineral se reduce de tamaño hasta 55% -m200, dependiendo de su disseminación, el mineral tiene que molerse hasta el punto en que queda "liberado", o sea, en que cada partícula individual representa una sola especie mineralógica.

El mineral preparado de este modo se acondiciona con distintos reactivos: Unos que tienen como objeto preparar las superficies de los minerales para la adsorción de los N reactivos (modificadores), otros que aumentan las propiedades hidrofóbicas de los minerales son los colectores, y otros que facilitan la formación de una espuma pareja y estable llamados espumantes. Las pulpas acondicionadas con los reactivos se introducen en las celdas de flotación, donde el producto noble, se separa en el concentrado y la parte estéril se descarga como relave.

Posteriormente, los productos de concentración pasan por las etapas de espesamiento, filtración y si es necesario, secado, los relaves se llevan a un depósito donde se desaguan generalmente por decantación. Sin embargo debido a que el circuito de flotación es corto el tiempo de retención viene a ser ineficiente al proceso lo cual genera que el relave contenga parte de la mena valiosa, por lo que este se descarga como anexo al circuito de cianuración para que de esta forma se siga extrayendo parte del oro presente en el relave y aumentar la recuperación de la mena refractaria.

Conclusiones.

Las pruebas experimentales realizadas en laboratorio, al mineral de cabeza y concentrado de arsenopirita de la planta concentradora Colibrí, han determinado que la alternativa más viable sería el PMA propuesto por la presente investigación, demostrando satisfactoriamente las hipótesis planteadas por la investigación.

Las conclusiones más resaltantes encontradas por la investigación fueron las siguientes:

1. Una evaluación sistematizada de los procesos alternativos aplicables y operaciones actuales de la planta concentradora Colibrí, logró identificar un proceso metalúrgico alternativo que

mejoró las condiciones ambientales técnicas y económicas para el tratamiento de minerales sulfurados refractarios de oro de la mina proveniente Santa Rosa Mining SAC, este **PMA** consistió de una **flotación total de sulfuro**, sin minimizar la producción y la calidad de los concentrados obtenidos.

2. Mediante el presente proyecto presentado se ha logrado dar solución a un mineral cuyo proceso de cianuración convencional no mostraba resultados metalúrgicamente rentables ya que su presencia refractaria daba recuperaciones inferiores al promedio rentable, el problema radica en que se contaba con más de 2000 TMH del mineral aurífero, por lo cual se hicieron
3. varios planteamientos en la evaluación de parámetros los cuales nos llevaron a conclusiones de mejorar el grado de liberación de partícula a una malla 80% , sin embargo esto no fue lo más viable debido a que contábamos con un sistema de cianuración convencional y un sistema de moliendo insuficiente para llegar a este tipo de grado de liberación, a todo esto se terminó con el planteamiento de flotar y dar un valor agregado al material como concentrado bulk el cual se vuelve comercial por su enriquecimiento de oro y plata.
4. En la presente tesis se hizo la evaluación de la mineralogía de esta mena, así mismo se hizo la evaluación del comportamiento metalúrgico y su respuesta a los grados de recuperación obtenidos en planta, así se llegó a concluir finalmente que para este tipo de menas la flotación presentaba mejor grado de recuperación y que después de esta operación será necesario tratar este concentrado para eliminar las materias penalizables.

c. Título de la tesis 4 lugar y año de ejecución.

“CIANURACIÓN POR AGITACIÓN DE MINERALES OXIDOS Y SULFUROS A NIVEL LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE ORO Y PLATA EN LA PLANTA CONCENTRADORA CAROLINA S.A.C” Huacho – Perú 2017.

▪ **Apellidos y nombres del autor RAMOS CALERO, Esther Ada. PARDAVE MINAYA, Beatriz Magdalena. Institución que respalda el estudio. Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión” Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica.**

▪ **Objetivo General.**

Evaluar la cianuración por agitación de minerales óxidos y sulfuros a nivel laboratorio, para extraer oro y plata en la Planta Concentradora Carolina S.A.C.

▪ **Tipo y diseño metodológico de la investigación.**

Tipo de Investigación.

De acuerdo a su naturaleza: Documentada y de campo

De acuerdo al propósito o utilización: Investigación experimental - aplicada.

Se realiza investigación documentada - experimental y aplicada, en este trabajo ya que se realiza búsqueda de información, aplicación de fórmulas con diferentes variables de acuerdo a los objetivos de la investigación, para posteriormente aplicar en el proceso de dimensionamiento (Naghi Namajforoosh M., 2005).

Enfoque de Investigación.

Es una investigación cuantitativa porque se cuantificara las informaciones y como resultado resultan las dimensiones de los equipos que están involucrado en el proceso.

De acuerdo su característica: Análisis de causa – efecto.

De acuerdo su proceso: Probatorio.

De acuerdo a sus bondades: Generalización de resultados

POBLACIÓN Y MUESTRA.

Población

La población está representada por los minerales que traen los mineros artesanales de la zona que se encuentra en proceso exploración y extracción de mineral de óxidos y sulfuros con contenido de oro y plata.

Muestra.

La muestra para el trabajo de investigación son muestras que los mineros artesanales que traen para la investigación.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.

Tabla 2: Operacionalización de Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
Independientes	
• Cianuración por agitación	• pH natural de mineral • Ley de cabeza • Tiempo
Dependientes	
• Extracción de oro y plata	• Consumo de NaOH • Consumo de NaCN • Recuperación

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Técnicas a Emplear.

a. Observación sistemática Directa.

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando (Cegarra, 2004).

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.

d. Otras Técnicas.

Técnica de cuestionario.

Descripción de los Instrumentos.

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

Técnicas para el procesamiento de la información.

Se usará el análisis estadístico, usando programas de cálculo como Excel, SPSS, simuladores, etc., para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar y otros (Hernández, Fernandez, & Baptista M., 2010).

▪ Conclusiones.

Los resultados de las pruebas de cianuración y el modelo matemático obtenido resultan válidos, obteniéndose los resultados óptimos en las siguientes condiciones de operación: cianuro 0.5 g/L, inyección de oxígeno a la pulpa y un pH igual 10, lo cual permite una extracción del 84,5% de oro.

La correcta decisión de aplicar el proceso de cianuración a un determinado mineral aurífero debe basarse en el profundo conocimiento de la materia prima, lo que implica disponer de

un Estudio Minera gráfico realizado por un profesional experto que entregue la información necesaria para la interpretación del metalurgista responsable del trabajo de laboratorio (Marchese, 2008).

El resultado de las pruebas metalúrgicas de cianuración es necesario realizar una proyección al siguiente nivel que es pilotaje, pero esto conlleva a un gasto mayor, de acuerdo los adelantos de la tecnología se usa los modelos matemáticos de simulación y esto de predetermina y proyecta su resulta para la toma de decisiones.

En el trabajo de investigación sobre, Cianuración por agitación para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez (provincia del Azuay - Ecuador), los autores en la búsqueda de solucionar problemas que se presenta llegan a la siguiente conclusión:

En este estudio se determinó que las condiciones óptimas para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez son: concentración de cianuro 0,1% y cal 0.03% un periodo de 32 horas, para obtener la máxima recuperación de oro. Por otra parte, se determinó que el tenor promedio de oro y plata en los tamices es de 60 a 65 g/Tm para cuando el mineral que se encuentre comminuido el 80% sea menor a 225 μ m. (Morante, Sobral, Guerrero, Ramos, & Montalván, 2005).

2.1.2. OTRAS PUBLICACIONES.

a. Título del texto o del artículo 1.

MANUAL DE FLOTACIÓN DE MINERALES

- **Apellidos y nombres del autor. BRAVO GÁLVEZ, Antonio César**
Supervisor de Operaciones Ingeniero Metalurgista CIP: 66587
- **Institución que respaldo el estudio. EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.**
UNIDAD MINERA YAULIYACU

Finalidad del estudio.

El manual contiene conceptos elementales de la sección más importante de la Planta Concentradora como es la “Flotación de Minerales”. Se comenta problemas típicos y su posible solución que se presentan en la operación diaria, dichos aspectos debe poseer el operador para mejorar su rendimiento y eficacia en su actividad diaria que realiza

- **Conclusiones.**

Los procesos de concentración por flotación juegan un rol preponderante en la recuperación de especies valiosas desde sus respectivas menas. El número de variables que inciden sobre los resultados metalúrgicos obtenidos a través de la aplicación de este proceso a una mena en particular, es muy extenso; En muchas ocasiones se denomina como un proceso complejo Por intermedio de los Supervisores de Operaciones de la Planta Concentradora se ha desarrollado este manual denominado **FLOTACIÓN DE MINERALES**, dirigido para el uso de operadores, y todos que laboran en la planta concentradora

- b. **Título del texto o del artículo 2.**

OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN-GRADO DE MINERALES SULFUROS MEDIANTE UN TRATAMIENTO ESTADISTICO

- **Apellidos y nombres del autor.**

PÉREZ ALONSO Cristóbal Alberto, REYES BAHENA Juan Luis, OJEDA ESCAMILLA María Del Carmen

- **Institución que respaldó el estudio.**

Facultad de Ingeniería / Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Sierra leona 550, Lomas 2ª Sección, 78210 San Luis Potosí, S.L.P., México.

- **Finalidad del estudio.**

La finalidad de maximizar la recuperación y grado de zinc. Las pruebas de flotación se realizaron en base a un diseño factorial del tipo 2³ en el cual la variable de respuesta fue el grado y recuperación de zinc; mientras que los factores estudiados fueron: adición de colector, activador y espumante. Los resultados de este estudio permitieron concluir que el colector y espumante ejercen un efecto altamente significativo en la recuperación de zinc, mientras el espumante es altamente significativo sobre el grado de zinc.

Modelos matemáticos fueron desarrollados a través del análisis estadístico para predecir la recuperación y el grado de zinc, así como de otros metales de interés. Las dosificaciones óptimas de los reactivos (X-Flex31, CuSO₄, y Teuton-100) usados en la flotación de zinc permitieron un ahorro en el costo de reactivos de 0.2%

en el caso de un incremento en recuperación y de 2.6% en el incremento del grado de zinc debido a un menor consumo de reactivos. Las variables óptimas en la recuperación de zinc son el 40 g/ton de colector (XFlex31), 453 g/ton de activador (CuSO₄) y 49.7 g/ton de espumante (Teuton- 100); mientras que para maximizar el grado de zinc, las condiciones óptimas son: 45 g/ton de X-Flex31, 453 g/ton de CuSO₄ y 35.3 g/ton de Teuton-100.

Con estas condiciones óptimas de reactivos, el grado de zinc se logró incrementar de 49.1% a 51.1% manteniendo constante la recuperación de zinc en 84.8%; o bien, incrementar la recuperación de zinc de 84.8% a 86.8% manteniendo constante el grado de zinc de 49.1%.

▪ **Conclusiones.**

Por medio del diseño experimental se determinaron las dosificaciones óptimas de los reactivos (X-Flex31, CuSO₄, y Teuton-100) usados en la flotación de zinc. Esto permitió un ahorro en el costo de reactivos de 0.2% en el caso de un incremento en recuperación y de 2.6% en el incremento del grado de zinc debido a un menor consumo de reactivos. El grado de zinc se logró incrementar de 49.1% a 51.1% manteniendo constante la recuperación de zinc en 84.8%, mediante la optimización del uso de reactivos; o bien, incrementar la recuperación de zinc de 84.8% a 86.8% manteniendo constante el grado de zinc 49.1%. Las variables óptimas en la recuperación de zinc son 40 g/ton de colector (X-Flex31), 453 g/ton de activador (CuSO₄) y 49.7 g/ton de espumante (Teuton-100); mientras para maximizar el grado de zinc, las condiciones óptimas: 45 g/ton de X-Flex31, 453 g/ton de CuSO₄ y 35.3 g/ton de Teuton-100.

c. **Título del texto o del artículo 3.**

FLOTACION DE PLOMO Y ZINC

Apellidos y nombres del autor. CASTILLO ESPINOZA, Joel Rodrigo.

Institución que respaldó el estudio. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION FACULTAD: INGENIERIA QUIMICA Y METALURGIA E.A.P: INGENIERIA METALURGIA

Finalidad del estudio.

Los procesos de flotación son usados para separar o concentrar minerales y otras especies químicas. La separación por flotación es el resultado de muchos procesos fisicoquímicos complejos que ocurren en las interfaces sólido/líquido, líquido/gas y sólido/gas. La

flotación depende de la probabilidad de unión de la partícula a la burbuja en la celda de flotación, la cual es determinada por la hidrofobicidad de la superficie de la partícula. En la mayoría de los sistemas de flotación, la superficie de la partícula se torna hidrofóbica por la adsorción selectiva de los surfactantes llamados colectores.

La flotación es una técnica de concentración que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales o interfaciales del mineral, o especies de valor, y la ganga. Se basa en la adhesión de algunos sólidos a burbujas de gas generadas en la pulpa por algún medio externo, en la celda de flotación.

Las burbujas de aire transportan los sólidos a la superficie donde son recolectados y recuperados como concentrado. La fracción que no se adhiere a las burbujas permanece en la pulpa y constituye la cola o relave.

De este modo, la condición de flotabilidad es una fuerte adhesión entre las partículas útiles y las burbujas, las cuales deben ser capaces de soportar la agitación y turbulencia en la celda. Estas partículas se dicen hidrofóbicas, o repelentes al agua, al contrario de las partículas que constituyen el relave o cola, que son hidrofílicas.

Para lograr una buena concentración en la etapa de limpieza del concentrado se requiere que las especies útiles que constituyen la mena estén separadas o liberadas, está la liberación de las partículas útiles no es necesaria en la etapa primaria de flotación (etapa rougher). La liberación de las partículas se consigue con etapas de molienda o remolienda. Para la mayoría de los minerales se alcanza un adecuado grado de liberación moliendo la mena a tamaños del orden de $-100\ \mu\text{m}$ o $-74\ \mu\text{m}$.

El proceso de flotación, de esta forma, está gobernado por una gran cantidad de variables las que interactúan entre sí, y cuyo conocimiento contribuirá a comprender mejor el proceso en sí y obtener finalmente un mejor rendimiento en las aplicaciones prácticas.

La propiedad que permite la separación en un proceso de flotación es la naturaleza hidrofóbica (o aerofílica) de las especies mineralógicas que componen la mena, cuyas características hacen que las superficies presenten afinidad por el aire o por el agua. Entre las propiedades útiles y la ganga, modificando el ambiente químico y electroquímico del sistema mediante la adecuada selección de los reactivos químicos adicionados: colectores, espumantes, activadores, depresores o modificadores de pH.

▪ **Conclusiones.**

- El cobre presente entre los dos minerales mencionados puede activar una importante cantidad de zinc, que generalmente es de un orden del 8% de zinc; la combinación del cianuro de sodio y del sulfato de zinc es útil en la flotación de minerales plomo-zinc.
- El cobre debe ser flotado con el plomo en la primera etapa
- En la segunda etapa las colas de las celdas primarias de plomo-cobre pasan a un tanque acondicionador donde los minerales de zinc son activados con el sulfato de cobre
- Siendo deprimida cualquier cantidad de pirita que esté presente con cal. La activación por un lapso que varía de 15 a 20 minutos es más común, especialmente, para el caso de sulfuros de zinc de baja ley.
- El aerofloat de sodio se emplea a menudo para este objetivo pues es un colector selectivos para los sulfuro de zinc; también intervienen los aerofloat 203, 211 y 243
- Para producir una espuma demasiado sucia se puede usar ácido cresílico.
- Como colector se usa Z-11 entre 0.009 y 0.0454, espumante el MIBC, también intervienen el NaCN (a 0.0454-0.1816 kg/Ton) y ZnSO₄ (a 0.1362 – 0.5448 kg/ton) esto es para el acondicionamiento para flotar plomo
- Para flotar Zn debe tener un pH mediante la adición de cal entre 0.454 y 1.816 kg/ton. El grado de pH de llegar entre 8.5 y 11.5, un CuSO₄ entre 0.227 y 0.908 kg/ton al 10% de concentración en peso, xantato entre 0.01 y 0.07 kg/ton al 1%.
- Para flotación cleaner cada concentrado rougher de Pb y Zn es llevado a la etapa de limpieza.
- Para concentración de plomo la adición de NaCN 0.1816 kg/ton y ZnSO₄ 0.5448 kg/ton 20 min de flotación.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. ABASTECIMIENTO DE MINERAL DE MINA

El mineral es acarreado en volquetes de 30 TM de capacidad, desde las diferentes labores de interior mina hasta el chancado primario.

2.2.2. CHANCADO PRIMARIO Y ALMACENAMIENTO

CARGA Y DESCARGA DE TOLVAS

“PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO DE ZINC Y PLOMO, UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN 2016 Página 44 de 98

Los Minerales procedente de Mina se descargan en un Stock Pile, mediante un cargador frontal los minerales son depositados en la Tolva Nro 1 de Gruesos de 250 TM de capacidad, la Tolva esta provista de una parrilla con 10” de abertura. Y los bancos mayores a 10” son llevados costado del Stock Pile donde existe un Martillo Neumático para reducción de mineral denominado rompe bancos.

CHANCADO PRIMARIO

El mineral grueso se descarga hacia una Chancadora marca Comesa de 24”x36”, el mineral chancado y los finos de la Parrilla estacionaria son conducidos mediante un Transportador de Faja Nro 1 de 36”x295’ hacia el Chancado Secundario.

CHANCADO SECUNDARIO

El Transportador de Faja Nro 1 descarga hacia la Zaranda Primaria marca Tykan de 6’x12’ con malla de 2”x2” en el piso superior y de ½” en el piso inferior. El mineral fino que pasa la Zaranda se descarga hacia la Faja Nro 4 de 24”x295’, la Faja Nro 4 descarga hacia la Faja Nro 5 de 24” x 272’, la Faja Nro 5 descarga hacia la Tolva de Finos de 1000 TM. El mineral grueso que no pasa la Zaranda se descarga hacia la Chancadora cónica de 4’ de Nordberg HP-400, el producto chancado con un tamaño promedio de 1.25” se descarga hacia la Faja Nro 2 de 30”x316’, la Faja Nro 2 descarga hacia la Faja Nro 3 de 30”x295’, la Faja Nro 3 descarga hacia la Zaranda Simplicity de 8’x16’ en la Sección Chancado Terciario.

CHANCADO TERCARIO

La Faja Nro 3 descarga hacia la Zaranda Simplicity de 8’x16’ con malla de 1 x 1-1/2” en el piso superior y de 3/4” en el piso inferior. El mineral fino que pasa la zaranda se descarga hacia la Faja Nro 4, la Faja Nro 4 descarga hacia la faja Nro 5, y la Faja Nro 5 descarga a la Tolva de finos. El mineral grueso que no pasa por la Zaranda Simplicity se descarga hacia la Chancadora de 4’ Cónica HP-400 Short Head, el producto chancado con tamaño promedio de -3/4” se descarga hacia la Faja Nro 2, la Faja Nro 2 descarga hacia la Faja Nro 3, la Faja Nro 3 descarga hacia la Zaranda Simplicity de 8’x16’, formándose un Circuito Cerrado.

2.2.3. CIRCUITO MOLIENDA

El mineral fino procedente del circuito de chancado se depositan en un tolva de 450 TMH de capacidad.

MOLIENDA PRIMARIA

“PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO DE ZINC Y PLOMO, UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN 2016 Página 45 de 98

El mineral almacenado en la Tolva de finos de 450 TMH de capacidad la cual presenta una boca de descarga en la parte inferior, donde está instalado un Alimentador donde descarga hacia la Faja Nro 1 de 24" x 272', descarga hacia el Molino Nro 1, Primario de Barras Allis Chalmers de 5"x10, el Molino Nro 1 descarga hacia una bomba 4K-1 (con Stand By 4K-2), las bombas conducen hacia las bombas MCC-150A (con Stand By), las bombas conducen la pulpa hacia la clasificación mediante ciclones D-12 Fondo Plano que trabajan en paralelo.

MOLIENDA SECUNDARIA

La Molienda secundaria se realiza en el Molinos de Bola de marca Comesa 7.5x7 respectivamente, los cual opera en circuito cerrado con dos Hidrociclones Espiasa D-12 Fondo Plano.

CLASIFICACIÓN PRIMARIA

La descarga del Molinos Nro 1 y 2 pasa a la caja de alimentación de una Bomba bombas MCC-150A (con Stand By) las que alimentan al ciclón D-12. El overflow (pasa por la zaranda de alta frecuencia para la limpieza del scraps procedente de mina) se envía al circuito de bulk y underflow pasa al Molino N°2 de bolas, para molienda secundaria, formándose un circuito cerrado de clasificación. El flujo de pulpas overflow de los ciclones tiene una granulometría equivalente 52 % malla -200 (75 micrones).

2.2.4. FLOTACIÓN BULK:

Recuperación de todas las especies valiosas (oro, plomo, plata, zinc, cobre, etc.) en un solo producto llamado Concentrado Bulk.

2.2.5. REACTIVOS DE FLOTACION:

Los reactivos de flotación se dividen en: colectores, espumantes y modificadores.

COLECTOR: Compuesto orgánico heteropolar que se absorbe selectivamente sobre la superficie de las partículas, haciendo que estas se vuelvan hidrófobas (aerófilas). Ejemplo: xantatos que se utilizan en la flotación de sulfuros. Los colectores usados con mayor frecuencia son los xantatos y los aerofloats. Sin los colectores los sulfuros no podrían pegarse a las burbujas y éstas subirían a la superficie sin los minerales y los sulfuros valiosos se irían a las colas. Una cantidad excesiva de colector haría que flotarían incluso los materiales no deseados (piritas y rocas) o los sulfuros que deberían flotar en circuitos siguientes. Así por ejemplo, en el caso de la

flotación de minerales de plomo-zinc-pirita, en el circuito de plomo se mantiene deprimido el zinc, para flotar posteriormente en su respectivo circuito; pero un exceso de colector podría hacer flotar el zinc junto con el plomo. Una cosa similar sucedería en el circuito de zinc con un exceso de colector, haciendo flotar la pirita que se encuentra deprimida por el efecto de la cal adicionada.

ESPUMANTE:

- Son agentes tensos activos que se adicionan a objeto de:
- Estabilizar la espuma
- Disminuir la tensión superficial del agua
- Mejorar la cinética de interacción burbuja – partícula
- Disminuir el fenómeno de unión de dos o más burbujas (coalescencia).

MODIFICADORES:

Estos reactivos pueden ser de tres tipos: modificadores de pH, activadores y depresores.

- Modificadores de pH:

El pH indica el grado de acidez o de alcalinidad de la pulpa. El pH 7 es neutro (ni alcalino ni ácido) y corresponde al agua pura. De 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino. El pH se mide con un aparato llamado potenciómetro o con un papel tornasol. Cada sulfuro tiene su propio pH de flotación, donde puede flotar mejor. Esta propiedad varía según el mineral y su procedencia. Los reguladores de pH tienen la misión de dar a cada pulpa el pH más adecuado para una flotación óptima. La cal es un reactivo apropiado para regular el pH, pues deprime las gangas y precipita las sales disueltas en el agua. La cal se puede alimentar a la entrada del molino abolas. Es importante usar dosificadores automáticos para estar seguros de la cantidad de reactivo dosificado a las pulpas (Fig. 3). Hay reactivos sólidos y líquidos.

- **ACTIVADORES:** Son reactivos químicos orgánicos o inorgánicos que ayudan al colector a adsorberse en la superficie del mineral a flotar.

- **Sulfato de Cobre ($CuSO_4$):** El $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$, sulfato de cobre con 5 moléculas de agua, forma cristales azules brillantes asimétricos del sistema triclinico con una densidad de 2.28 g/ml. Es un activador de la esfalerita, también pirita, calcopirita, piratita, arsenopirita y cuarzo.

- **DEPRESORES:** Son reactivos químicos orgánicos o inorgánicos que impiden la acción del colector en la superficie del mineral.

- **CIANURO DE SODIO (NACN):** Son cristales en forma de pellets de color blanquecino, se usan para el recubrimiento y depresión de minerales sulfurados de fierro, cobre y zinc
- **BISULFITO DE SODIO (NAHSO₃):** Es un depresor para sulfuros de zinc y fierro. Se usa en reemplazo del cianuro de sodio particularmente en minerales con contenido de plata, la adición del agente reductor sulfito de sodio o bisulfito de sodio previene la oxidación y por consiguiente, la activación resultante de la esfalerita
- **SULFATO DE ZINC (ZNSO₄):** El ZnSO₄ 7 H₂O, son cristales incoloros; es uno de los reactivos reguladores principales de acción depresoras, utilizada para la flotación selectiva de minerales de cobre y plomo de la esfalerita.

2.2.6. VARIABLES OPERACIONALES RELEVANTES EN EL PROCESO

Algunas de las variables de mayor importancia para el proceso de flotación son:

- **GRANULOMETRÍA:** Adquiere gran importancia dado que la flotación requiere que las especies minerales útiles tengan un grado de liberación adecuado para su concentración.
- **Tipo de Reactivos:** Los reactivos pueden clasificarse en colectores, espumantes y modificadores. La eficiencia del proceso dependerá de la selección de la mejor fórmula de reactivos.
- **DOSIS DE REACTIVO:** La cantidad de reactivos requerida en el proceso dependerá de las pruebas metalúrgicas preliminares y del balance económico desprendido de la evaluación de los consumos.
- **DENSIDAD DE PULPA:** Existe un porcentaje de sólidos óptimo para el proceso que tiene influencia en el tiempo de residencia del mineral en los circuitos.
- **AIREACIÓN:** La aireación permitirá aumentar o retardar la flotación en beneficio de la recuperación o de la ley, respectivamente. El aire es uno de los tres elementos imprescindibles en el proceso de flotación, junto con el mineral y el agua.
- **REGULACIÓN DEL PH:** La flotación es sumamente sensible al pH, especialmente cuando se trata de flotación selectiva. Cada fórmula de reactivos tiene un pH óptimo ambiente en el cual se obtendría el mejor resultado operacional.
- **TIEMPO DE RESIDENCIA:** El tiempo de residencia dependerá de la cinética de flotación de los minerales de la cinética de acción de reactivos, del volumen de las celdas, del porcentaje de sólidos de las pulpas en las celdas y de las cargas circulantes.

- **CALIDAD DEL AGUA:** En las Plantas la disponibilidad de agua es un problema. Normalmente se utiliza el agua de recirculación de espesadores que contiene cantidades residuales de reactivos y sólidos en suspensión, con las consecuencias respectivas derivadas por este flujo de recirculación.

2.2.7. CELDAS DE FLOTACION:

Funciones:

- Mantener todas las partículas en suspensión dentro de las pulpas en forma efectiva, con el fin de prevenir la sedimentación de éstas. 2. Producir una buena aireación, que permita la diseminación de burbujas de aire a través de la celda. 3. Promover las colisiones y adhesiones de partícula-burbuja. 4. Mantener quietud en la pulpa inmediatamente bajo la columna de espuma. 5. Proveer un eficiente transporte de la pulpa alimentada a la celda, del concentrado y del relave.
- Proveer un mecanismo de control de la altura de la pulpa y de la espuma, la aireación de la pulpa y del grado de agitación. Características:
- Facilidad para la alimentación de la pulpa en formas continúa. 2. Mantener la pulpa en estado de suspensión. 3. No debe ocurrir la sedimentación de las partículas. 4. Separación adecuada del concentrado y del relave.

Eficiencia

La eficiencia de una celda de flotación se determina por los siguientes aspectos:

- Tonelaje que se puede tratar por unidad de volumen.
- Calidad de los productos obtenidos y recuperaciones.
- Consumo de energía eléctrica, reactivos, espumantes y otros reactivos, con el fin de obtener los resultados óptimos.
- Gastos de operación y mantención por tonelada de mineral tratado.

Características:

- Facilidad para la alimentación de la pulpa en formas continúa.
- Mantener la pulpa en estado de suspensión.
- No debe ocurrir la sedimentación de las partículas.
- Separación adecuada del concentrado y del relave.

CELDA DE FLOTACIÓN MECÁNICAS

Las celdas de flotación mecánicas tienen tres zonas típicas:

- La zona de agitación es aquella donde se produce la adhesión partícula-burbuja. En esta zona deben existir condiciones hidrodinámicas y fisicoquímicas que favorezcan este contacto.
- La zona intermedia se caracteriza por ser una zona de relativa calma, lo que favorece la migración de las burbujas hacia la superficie de la celda.
- La zona superior corresponde a la fase acuosa, formada por burbujas. La espuma descarga por rebalse natural, o con ayuda de paletas mecánicas. Cuando la turbulencia en la interface pulpa-espuma es alta se produce contaminación del concentrado debido al arrastre significativo de pulpa hacia la espuma.
- Reactivos de Flotación Utilizados en laboratorio
- Colector XANTATO Z5
- Propiedades químicas y usos
- Es un producto que se aplica generalmente en aquellas operaciones que requieren el más alto grado de poder colector. Se usa en la flotación de minerales sulfurosos de cobre. Los xantatos tienden a descomponerse en soluciones con un pH inferior a 6.0. Se aplica con especial éxito en la flotación de la piritita que contiene oro.

PRECAUCIONES DE MANEJO

Los xantatos son estables durante largos períodos de tiempo, siempre cuando se almacenen en un lugar seco y fresco. Las personas que manejan las xantatos deben tomar ciertas precauciones. Debe evitarse la llama viva o el fuego, puesto que las xantatos y algunas de sus productos de descomposición son combustibles. Los xantatos, en términos generales, deben manipularse con el mismo grado de precaución que se aconseja para otros productos químicos orgánicos.

2.2.8. ESPESAMIENTO Y FILTRADO DE CONCENTRADO

Espesamiento y Filtrado de Plomo

El concentrado de plomo procedente de la cola del banco Rougher de separación llega y se somete al proceso de reducción de agua en un espesador Dorr Oliver de 50'x10' ', luego pasa a un agitador 8'x8' y de donde la descarga con una alta densidad se alimenta a dos filtros de presión Larox PF 4.7 y el otro Larox PF 2.5 para producir un concentrado con humedad menor a 9%

Espesamiento y Filtrado de Zinc

El concentrado de zinc procedente de la cuarta limpiadora y de la celda tipo Jameson llegan a un espesador Outotec de 70'x10', la descarga con una alta densidad se alimenta a un filtro cerámico CC45, para producir un concentrado con humedad menor a 10%.

Espesamiento y filtrado de cobre

Cuenta con un espesador de 30'x10', la descarga alimenta con densidad alta a un filtro de presión LAROX su producción se acumula en el espesador hasta tener una densidad alta para poder enviar carga al Filtro.

2.2.9. DISPOSICIÓN DE RELAVES

Disposición de Relaves

Sistema de Bombeo Los relaves del circuito de flotación de zinc se envían, mediante una bomba MCC-200 6, a clasificación en un ciclón Krebs D-26. El producto grueso (underflow) 30% aproximadamente se emplea como relleno para la mina. Los 70% restantes se envía por gravedad al depósito de relaves.

Depósito de Relaves

Los relaves del circuito de flotación de zinc conjuntamente con el retorno del circuito de pre-clasificado, se bombean con bombas MCC-200 1 ((con Stand By) hacia la cancha de relaves, en la cancha de relaves se cuenta con bombas MCC-200 N°4 y 6K N°3 los que bombean hacia el hidrociclón D-26 krebs para la clasificación de las partículas. Las partículas gruesas (underflow) se descargan para la construcción del muro y el rebose (overflow) constituida por partículas finas se descargan en la parte interna del depósito.

Los sólidos contenidos en el overflow (rebose) sufren una sedimentación en la parte interna del depósito formando una playa de seguridad y el agua libre de sólidos que forman el espejo se descargan como efluentes de la cancha de relaves.

2.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BASICOS.

2.3.1. FLOTACIÓN DE MINERALES

La flotación por espumas es un proceso físico - químico de la concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de ciertas partículas de minerales

a las burbujas de aire. Tiene por objeto la separación de especies minerales, divididos a partir de una pulpa acuosa, aprovechando sus propiedades de afinidad (hidrofílico) o repulsión (hidrofóbico) por el agua. Las especies valiosas o útiles constituyen una fracción menor del mineral, mientras que las especies no valiosas o estériles constituyen la mayor parte. El carácter hidrofílico o de afinidad hace que estas partículas se mojen, permanezcan en suspensión en la pulpa, para finalmente hundirse. El carácter hidrofóbico o de repulsión evita el mojado de las partículas minerales que pueden adherirse a las burbujas y ascender. Estas propiedades de algunos minerales tienen en forma natural, pero pueden darse o asentarse mediante los reactivos de flotación.

CIRCUITO DE FLOTACIÓN

Esto es necesario para que las espumas de las primeras celdas pasen a un nuevo grupo de celdas que se encarguen de limpiar los elementos indeseables que hayan logrado flotar con la parte valiosa. Lo mismo ocurre con los relaves de la primera máquina ya que aún tienen apreciable cantidad de sulfuros valiosos que no se pueden perder y es necesario recuperarlos en otro grupo de celdas.

Los tres tipos de máquinas o circuitos son:

- De cabeza o rougher
- Limpiadora o cleaner
- Scavenger

Celda de cabeza o rougher.

Estas máquinas reciben la pulpa de cabeza procedente de los acondicionadores o de los molinos. Aquí flota la mayor parte de los sulfuros valiosos. Pero en estas celdas obtendremos concentrados y relaves “provisionales”. Las espumas obtenidas en las devastadoras no es un concentrado final, por todavía tiene muchas impurezas.

Celdas limpiadoras:

Estas máquinas sirven para quitar la mayor cantidad de las impurezas contenidas en las espumas del rougher y nos dan finalmente un concentrado. Esto se hace a través de la:

Primera cleaner, segundo cleaner y tercer cleaner

Las espumas del tercer cleaner, forman el concentrado final que va al espesador

Celdas scavenger:

Estas máquinas reciben el relave de la rougher y tratan de hacer flotar el resto de los sulfuros que no han podido flotar en las celdas de cabeza, ya sea por falta de tiempo, deficiente cantidad de reactivos, o por defectos mecánicos.

Pero las espumas que obtenemos en estas máquinas no las podemos enviar al espesador por están sucias, pero tampoco las podemos desechar porque contienen mucho material valioso

2.3.2. PROCESO DE LA FLOTACIÓN POR ESPUMAS

Los minerales hidrofílicos e hidrofóbicos de una pulpa acuosa se pueden separar entre sí, después de ser finamente molidos y acondicionado con los reactivos químicos que hacen más pronunciadas las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas, haciendo pasar burbujas de aire a través de la pulpa. Las partículas hidrofílicas se van a mojar y caer al fondo de la celda de flotación. De esta forma se puede separar un mineral que contiene en los casos más simples dos componentes, un útil y otra estéril, en dos productos: un concentrado de la parte valiosa y un relave que contiene la parte estéril La flotación funciona de a siguiente manera: La flotación es algo similar al lavado de ropa con los detergentes.

Ejemplo: Tomemos un recipiente con agua y un poco de detergente, y agitamos un poco; al agitar se produce una espuma blanca. Si ponemos ropa para lavar, entonces la espuma se tiñe de oscuro. ¿Qué ha ocurrido? Simplemente que las partículas de suciedad se han pegado a las burbujas y las han teñido La flotación es muy similar, ya que las partículas de los sulfuros se pegan a las burbujas en idéntica forma La sección de flotación es importante porque:

Después de haber chancado y molido el mineral, ¿hemos obtenido ya los concentrados? claro que NO. Entonces, ¿Dónde se obtienen los concentrados? En la flotación.

2.3.3. CINC.

El cinc es un componente natural de nuestra corteza terrestre y es parte inherente de nuestro medio ambiente. Está presente, no sólo en las rocas y suelos sino también en el aire, el agua, las plantas, animales y seres humanos (LATIZA, 2004).

2.3.4. PLOMO

El plomo es uno de los metales conocidos y empleados desde la antigüedad. El plomo se encuentra en la naturaleza generalmente como:

- Galena: PbS

- Cerusita: PbCO_3
- Anglesita: PbSO_4

Luego de extraído el mineral se le somete a una operación de flotación diferencial para separar la mena del plomo (PbS). El concentrado se lleva a la fundición en donde se realiza el tostado aglomerante (**sintering**) que sirve para agrupar las partículas finas.

Tostación moderada de la galena



Una parte considerable de plomo producido se dedica a la fabricación de baterías, como electrodos, en preparación de municiones, en la obtención de plomo tetraetilo (aditivo en la gasolina). Sus derivados se utilizan en la fabricación de pinturas, su gran densidad permite una eficaz protección contra los rayos X.

Tabla 3: cuadro de volumen y celda de flotación

VOLCAN		VOLCAN										
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.		Laboratorio de Investigaciones Metalúrgicas										
UNIDAD YULI - ANDAYCHAGUA		UNIDAD YULI - ANDAYCHAGUA										
VOLUMEN DE CELDAS DE FLOTACION PAN 02 ANDAYCHAGUA												
CIRCUITO FLOTACION PLOMO												
DESCRIPCION DE CELDA	CANTIDAD	VOLUMEN X CELDA pies3	VOLUMEN TOTAL pies3	VOLUMEN TOTAL m3	FACTOR	VOL CORR. m3/hr	TIEMPO DE RESIDENCIA (min)	Caudal de aire M3/Hr	Caudal de Pulpa GPM	Caudal de Pulpa m3/min	Tiempo de Flotación min.	
Serrana	W5-180	2	260	520	14.73	0.85	12.52		224	0.85	14.76	90.2
Rougher II	DR-18	4	18	72	2.04	0.85	1.73		224	0.85	2.04	
Rougher II	RCS-10	1	353.1	353.1	10.00	0.85	8.50		224	0.85	10.02	
Scavenger	DR-18	12	18	216	6.12	0.85	5.20					
I limpieza	DR-18	4	18	72	2.04	0.85	1.73					
II limpieza	DR-18	2	18	36	1.02	0.85	0.87					
III limpieza	DR-18	1	18	18	0.51	0.85	0.43					
IV limpieza	DR-18	1	18	18	0.51	0.85	0.43					
										0.34 m3	12.52 m3	
CIRCUITO FLOTACION ZINC												
DESCRIPCION DE CELDA	CANTIDAD	VOLUMEN X CELDA pies3	VOLUMEN TOTAL pies3	VOLUMEN TOTAL m3	FACTOR	VOL CORR. m3/hr	TIEMPO DE RESIDENCIA (min)	Caudal de aire M3/Hr		1	0.34	
Acondicionador I	8x8	1	402.12	402.12	11.39	0.85	9.68			36.82	12.52	
Rougher I	OK-10	1	353.10	353.10	10.00	0.85	8.50				1	264.18 gln
Rougher II	OK-10	1	353.10	353.10	10.00	0.85	8.50				0.34	90 gln
Scavenger	DR-18	12	18	216	6.12	0.85	5.20					
I limpieza	DR-18	4	18	72	2.04	0.85	1.73					
II limpieza	DR-18	2	18	36	1.02	0.85	0.87					
III limpieza	DR-18	1	18	18	0.51	0.85	0.43					
IV limpieza	DR-18	1	18	18	0.51	0.85	0.43					

2.3.5. PULPA.

Es una mezcla del mineral molido con el agua, y viene a constituir el elemento básico de la flotación ya que contiene todos los elementos que forman el mineral La pulpa debe reunir ciertas condiciones, es decir que el mineral debe estar debidamente molido a un tamaño no mayor de la malla 48, ni menor a la malla 270, dentro de este rango de tamaño de partículas, se podrá recuperar de una manera efectiva las partículas de los sulfuros valiosos (Esto depende básicamente de la mineralogía de tipo de mineral) Cuando la pulpa contiene partículas gruesas (mayores a malla 48), debido a una mala molienda, estas partículas tiende a sentarse en el fondo de las celdas de flotación y pueden llegar a plantar el impulsor de la celda, atorar la tubería y causar más trabajo que de costumbre (rebasarían los canales, se atorarían las bombas etc.)

Si la pulpa contiene partículas muy finas (menores a malla 270), la recuperación de los sulfuros valiosos no va ser efectiva ya que se perderían en forma de lamas. Al estar la pulpa aguada, el flotador debe cuidar de que las espumas salgan normalmente de los bancos de limpieza y que no bote mucha espuma en el banco scavenger. Si la pulpa está muy fina, a la vez debe estar muy diluida, significa que estamos pasando menos tonelaje por lo tanto estamos perdiendo capacidad

Pulpa: El circuito de molienda nos entrega, el overflow de los ciclones, un producto al que se "PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO DE ZINC Y PLOMO, UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN 2016 Página 55 de 98

le ha chancado y molido y que contiene sulfuros valiosos, ganga y agua; a esto nosotros llamamos pulpa. La pulpa debe cumplir ciertas condiciones tales como: Densidad y pH correcto según se requiera

Pulpa espesa; Una pulpa espesa (densidad muy alta) nos indicará molienda gruesa. Si esta pulpa ingresa a los circuitos de flotación, veremos que no flota o flota muy poco, debido a que los reactivos y el aire no pueden levantar granos muy grandes aún cuando se agregan cantidades enormes de reactivos. Además, se perderían también los sulfuros valiosos en los relaves, por falta de liberación

Una **pulpa muy fina** implica que tenemos una pulpa de densidad baja y significará que está pasando menos tonelaje. Si bien la cantidad de pulpa que llega a las celdas es igual, contiene menos sólidos, ya que es una pulpa aguada. Esto quiere decir entonces que hay fuertes pérdidas de tonelaje. Además, cuando la pulpa es muy fina hay exceso de lamas que dificultan la flotación; ensuciando los concentrados, unas veces, y los relaves en otras.

2.3.6. pH.

la cantidad de cal que contiene el circuito de flotación, esto es, su alcalinidad; a más cal, la pulpa es más alcalina; a menos cal, menos alcalina. En otras palabras el pH no es sino la forma de medir la cal en la pulpa. El factor pH se mide de 0 a 14, con un aparato llamado Potenciómetro; de 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino. El pH 7 es neutro (ni alcalino ni ácido) y corresponde al agua pura.



FIG. N° 1 MEDIDOR DE PH

2.3.7. AIRE

Es un factor importante que sirve para la formación de las burbujas (el conjunto de burbujas acompañadas de partículas de sulfuros forman las espumas) que se necesita en las celdas. Por tanto, el aire ayuda a agitar la pulpa. Las espumas se encargan de hacer subir o flotar los elementos valiosos hacia la superficie de la pulpa, en cada celda o circuito.

- a). El aire se obtiene a través de los ventiladores (Blowers) que ingresa a baja presión ($2-6 \text{ lb/pulg}^2 = 2 - 6 \text{ PSI}$) al interior de las celdas de flotación llenas de pulpa. O También la aeración en los tipos de celdas Sub – A es en forma natural o del medio ambiente que ingresan a baja presión al interior de la celda.
- b). Si se usa mucho aire, se está haciendo una excesiva agitación, provocando que las espumas se reviente antes de rebosar por los labios de la celda o salgan conjuntamente con la pulpa, rebalsando las celdas, llevándose consigo a la ganga que no es necesaria.
- c). Cuando se usa poco aire, la columna de espumas es baja e insuficiente no pudiéndose recuperar los elementos valiosos, que se pierden en el relave general. La cantidad de aire se regula de acuerdo a las necesidades requeridas en el proceso. El correcto control del aire y la altura de las compuertas nos darán siempre una buena espuma. (Con un espumante bien regulado).

2.3.8. REACTIVOS.

Son sustancias químicas que sirven para la recuperación de los sulfuros valiosos, despreciando o deprimiendo a la ganga e insolubles. Mediante el uso de reactivos podemos seleccionar los elementos de valor en sus respectivos concentrados. Para tener un mayor conocimiento de la función específica de cada reactivo, los podemos clasificar en tres grupos: Espumantes, Colectores y modificadores; que posteriormente lo estudiaremos en forma muy detallada todo lo referente a los reactivos químicos. Sabemos que en cualquier celda de flotación encontramos agua, aire, mineral molino y reactivos. Estos reactivos son sustancias que gustan y se asocian a uno o más de los elementos valiosos, pero no a los otros.

Por *ejemplo*, hay reactivos que les gusta el aire pero no el agua; hay otros sulfuros que les gusta la roca, pero no los sulfuros, a otros les gustan los sulfuros, pero no la roca y así sucesivamente.

2.3.9. AGITACIÓN.

La agitación de la pulpa nos permite la formación de las espumas de aire para la flotación, y además nos sirve para conseguir la mezcla uniforme de los reactivos con los elementos que constituyen el mineral de la pulpa, dentro de la celda. Además, la agitación, nos evita el asentamiento de los sólidos contenidos en la pulpa. Si tomamos en un vaso un poco de rebalse del ciclón y lo dejamos sobre una mesa sin agitarlo, veremos que al cabo de un cierto tiempo todas las partes sólidas se han asentado en el fondo. Si en estas condiciones agregamos un poco de reactivo, ¿Cree usted que se mezclará con todas las partículas? Evidentemente que no. Pero si luego agitamos esta pulpa con una varilla, será posible evitar el asentamiento de las partículas y podremos conseguir que el reactivo entre en contacto con los granos valiosos y actúe sobre ellos. En resumen, podemos decir que la agitación hace los siguientes trabajos:

- No dejar que las partículas se asienten, manteniéndose suspendidos
- Permite una mayor mezcla de los reactivos con la pulpa

a). La agitación en una celda de flotación debe ser moderada. Si *es excesiva* rebalsa pulpa en lugar de espumas, también hace que se rompan las burbujas y si *es insuficiente* se achica la espuma y no alcanza a rebalsar

- b). Cuando la agitación es insuficiente, se disminuye la columna de espuma y no alcanza a renvarsar las espumas se achican y esto ocurre cuando los impulsores están gastadas o cuando hay poco aire (tubos de aire atorados).
- c). Hay deficiencia de agitación de la pulpa en una celda, cuando:
- El impulsor de la celda esta gastada.
 - El estabilizador esta malogrado
 - Las fajas en “V” del sistema de movimiento (polea motriz y polea del árbol de agitación) están demasiado flojas, lo cual hace que la velocidad del impulsor disminuya.

2.3.10. REACTIVOS DE FLOTACIÓN.

Los reactivos de flotación juegan un papel importante en este proceso. Estos al ser añadidos al sistema cumplen determinadas funciones que hacen posible la separación de los minerales valiosos de la ganga. Sin embargo, la aplicación adecuada de estos reactivos no siempre resulta una tarea fácil debido a una serie de dificultades técnicas que se presentan durante el proceso.

En flotación el rendimiento de los reactivos, sean colectores o espumantes, depende mucho de la composición y constitución mineralógica de la mena. Los reactivos utilizados para el acondicionamiento favorable del proceso, constituyen los llamados **Agentes de Flotación**. La selección y combinación apropiada de los mismos para cada tipo de mineral particular, constituye precisamente el principal problema del metalurgista a cargo de la operación

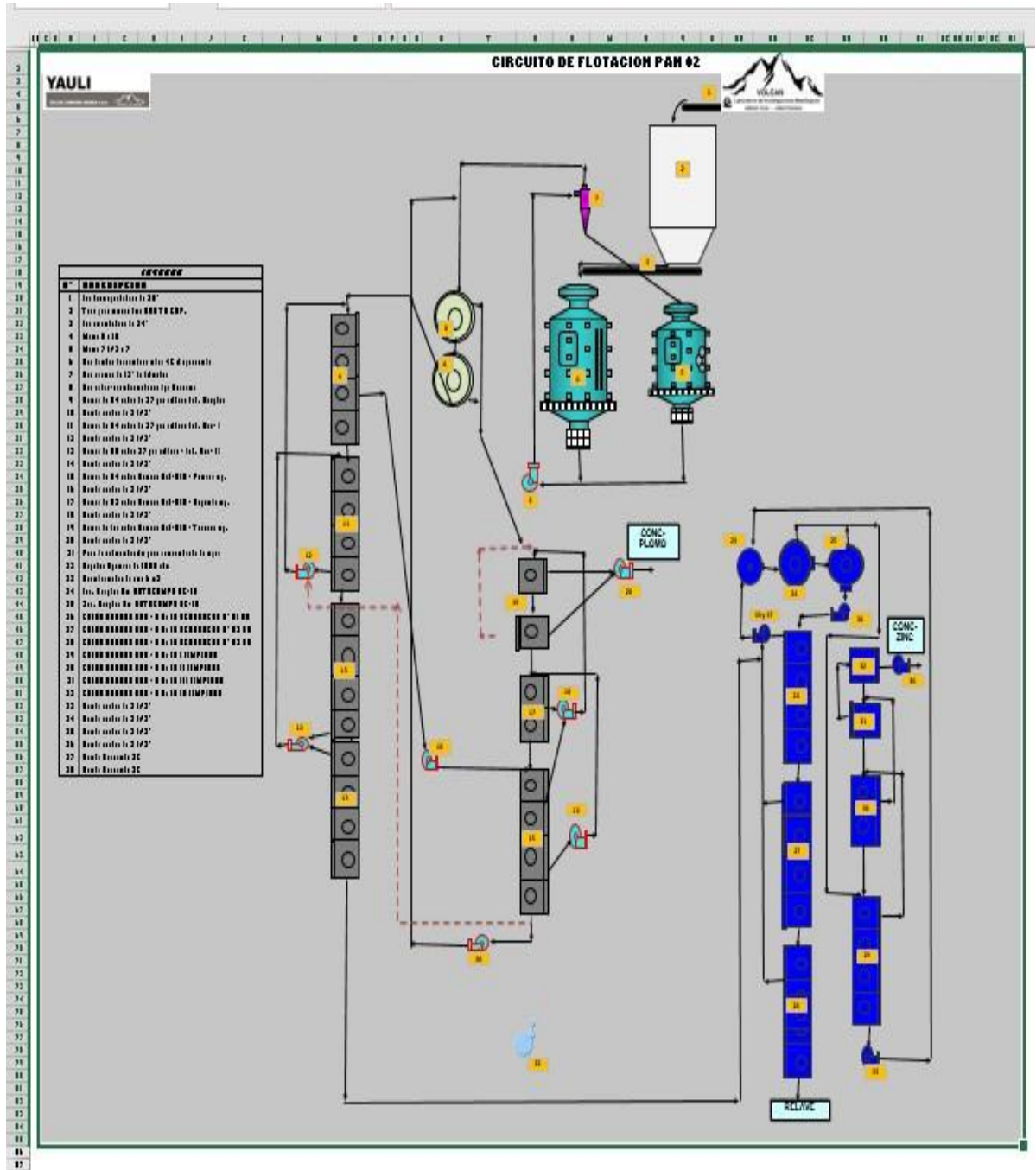


DIAGRAMA DE FLUJO N° 1 circuito de flotación

2.3.11. CLASIFICACIÓN DE LOS REACTIVOS.

Los reactivos o agentes de flotación se clasifican en:

- **Espumante.** Tienen como propósito la creación de una espuma capaz de mantener las burbujas cargadas de mineral hasta su extracción de la máquina de flotación (celdas).
- **Colector.** Es el reactivo fundamental del proceso de flotación puesto que produce la película hidrofóbica sobre la partícula del mineral.
- **Modificadores.** Actúan como depresores, activadores, reguladores de pH, dispersores, etc. Facilitando la acción del colector para flotar el mineral de valor, evitando su acción a todos los otros minerales como es la ganga.



FIG. N° 2 y 3 ESPUMANTES DE LOS REACTIVOS

2.3.12. REACTIVOS EMPLEADOS EN EL PROCESO:

Se inicia con la preparación de los reactivos, luego son almacenados en los tanques de Alimentación, y serán alimentados gradualmente de acuerdo a la dosificación requerida.

ZnSO₄.- El sulfato de zinc deprime los sulfuros de zinc, es adicionado en los molinos y en las limpiezas del concentrado bulk.

NaCN.- El cianuro de sodio deprime el sulfuro de fierro, es adicionado conjuntamente con el sulfato de zinc.

CuSO₄.- El sulfato de cobre, activa a los sulfuros de zinc, haciéndolos hidrofílicos a la flotación.

ZnO.- El óxido de zinc es un depresor de sulfuro de cobre y es usado en el circuito de separación.

Bisulfito de Sodio.- Es un reactivo que se utiliza en el circuito Bulk de la planta de Retratamiento con la finalidad de deprimir el zinc.

Z-11.- El colector xantato isobutil propílico es usado para darle a los sulfuros cualidades Hidrofóbicas, es usado en diferentes puntos del bulk y zinc.

MIBC.- Es adicionado en la cabeza de flotación bulk, con la finalidad de formar espumas y cargar en ellas los sulfuros colectados, también es utilizado en el circuito zinc.

CAL.- Es usado para variar el pH de la pulpa y dar las condiciones necesarias para la flotación, se adiciona a la Cabeza Cu/Pb, separación Cu/Pb y limpiezas de zinc.

Z-6.- El colector xantato amílico de potasio es usado para darles propiedades hidrofóbicas a los sulfuros, es adicionado en la separación de planta de Rtto.

A-208.- Es un tionocarbamato la finalidad de aplicación de este reactivo es mejorar la recuperación de plata.

FLOCULANTE.- Es un polímero utilizado para ayudar a sedimentar las partículas finas del concentrado.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a su naturaleza: Experimental.

De acuerdo al propósito o utilización: Investigación aplicada.

La principal actividad de la unidad de producción Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A**, es la obtención de concentrado de zinc, plomo-plata y campañas de cobre (sulfuros primarios de cobre), el incremento de capacidad operativo se realizó en forma secuencial tratando en la actualidad 600 TMSD.

En la Planta Concentradora el tratamiento del mineral se realiza mediante el proceso de flotación por espumas, para obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado.

3.1.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.

Es una investigación cuantitativa – experimental y aplicada, con el objetivo de obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado.

De acuerdo a su característica: análisis de causa - efecto

De acuerdo a su proceso : comprobado in situ.

De acuerdo a sus bondades: generalización de resultados.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. POBLACIÓN.

La población a considerar será En la Planta Concentradora el tratamiento del mineral se realiza mediante el proceso de flotación por espumas, para obtener concentrado bulk (plomo-plata), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado, de la unidad de producción Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A**,

3.2.2.MUESTRA.

La muestra para el trabajo de investigación son concentrado bulk (plomo), circuito de zinc, todos en circuito de flotación cerrado, de la unidad de producción Andaychagua de **Volcán Compañía Minera S.A.A**,



FIG. N°/ 4 y 5 Minerales de plomo-zinc

Plomo - Zinc

Los principales minerales son la galena (PbS) y la esfalerita o blenda (ZnS). Otras especies: wurtzita, marmatita y formas oxidadas. Depósitos conteniendo galena finamente cristalizada en general contienen oro y plata disueltos, actuando como núcleos de cristalización. Metales preciosos pueden aún estar disueltos en otros sulfuros, por ejemplo la pirita, o estar presente en los contornos de los granos. Los principales minerales de ganga son pirita y pirrotita (sulfuros), dolomita y calcita (básicos) y, cuarzo y silicatos (ácidos).

3.3. TÉCNICA DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS A EMPLEAR.

e. Observación sistemática Directa.

Se empleará esta técnica para observar el proceso de investigación en el momento que se está desarrollando (Cegarra, 2004).

f. Observación Sistemática Indirecta.

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

g. Observación experimental.

Mediante esta Técnica será posible conocer de manera exacta y concreta la forma y el desarrollo del proceso de flotación por espuma y recuperación del concentrado zinc y plomo, con la finalidad de plasmarlo, procesarlo y obtener resultados reales. (DIAZ, A. 2016).

h. Otras Técnicas.

La técnica de las preguntas o de cuestionario.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.

- e. Ficha de observación.
- f. Lista de cotejo.
- g. Escalas libreta de notas.
- h. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Se utilizará el análisis estadístico, utilizando programas de cálculo como Excel, SPSS, simuladores para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, gráficos, imágenes, figuras, promedios aritméticos, medianas, desviación estándar y otros. (HERNANDEZ, R. 2014).

CAPITULO IV

RESULTADO EXPERIMENTAL Y ANALISIS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA.

Las pruebas de esta investigación se enfocan principalmente en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016. Dicha muestra es tomada en una celda de flotación.

La muestra es obtenida de los yacimientos en la U.M Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016, materia del estudio los cuales son triturados previamente todo a malla -1 mm cuarteados y almacenados en bolsas de polietileno y cilindros para el examen mineralógico, análisis granulométrico y las pruebas Bach de flotación.

- La técnica de la flotación de minerales en espumas es **un proceso físico-químico**, cuyo objeto es la separación de especies minerales valiosas de las no valiosas, a través del uso de la adhesión selectiva de burbujas de aire a las partículas minerales valiosos.

En un proceso de concentración de minerales ideal, la mena mineral se divide en un concentrado enriquecido con el componente útil o valioso y una cola o relave con los minerales que componen la ganga. Por su parte, la estabilidad de la burbuja dependerá del espumante agregado al proceso de flotación.

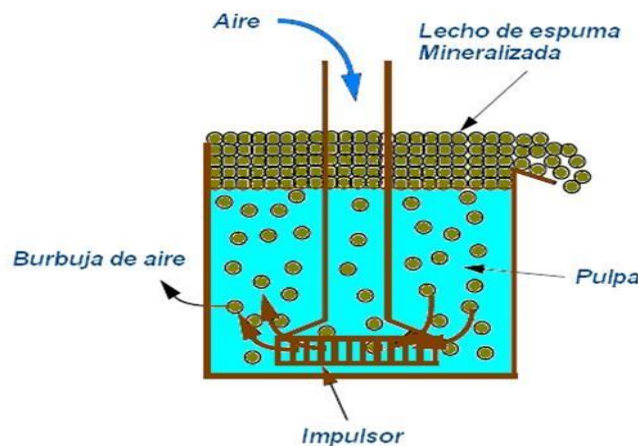


FIG. N° 6 Celda de flotación por espumas

En cuanto al aspecto tecnológico - científico del proceso, actualmente, el proceso de flotación de espumas es utilizado para concentrar:

- Minerales de Sulfuros complejos de Cu - Mo, Cu - Pb - Zn, Pb - Zn, Pb - Zn - Fe;
- Minerales oxidados de Cu, Pb, Zn, Fe, W, Sn, etc.;
- Minerales sulfuros que contienen Oro y minerales de Plata;
- Minerales industriales no metálicos, azufre, talco, y carbón mineral.

Los espumantes son sustancias orgánicas tenso activas (superficies activas) heteropolares que pueden adsorberse en la superficie de la interface aire-agua. Su función principal es proporcionar una adecuada resistencia mecánica a las burbujas de aire, manteniéndolas dispersas y previniendo su coalescencia o unión, de modo que puedan presentar superficies de adherencia adecuada de las partículas de mineral flotante, y por consiguiente logra la estabilidad de la espuma de flotación, la cual a reducido su energía libre superficial y la tensión superficial del agua.

De este modo la estructura polar de la molécula del espumante se adsorbe en la superficie de interfase agua-aire con su grupo no polar orientado hacia el aire y los grupos polares hacia el agua, debido a que estos grupos liofílicos tienen gran afinidad por el agua.

La eficiencia del empleo de los espumantes depende en gran medida del pH de la pulpa, y su capacidad para la formación de la espuma es máxima cuando el reactivo se halla en forma molecular. En la figura se muestra la adsorción de un espumante, el objetivo final es el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo



FIG. N°7 Flotación por espumas

4.1.1 Preparación de Muestras.

- Las espumas de flotación deben contar con las siguientes condiciones:
- Las partículas de mineral a flotarse deben adherirse fuertemente en las espumas.
- La separación suplementaria máxima posible, debido a la separación selectiva de las partículas de ganga, deben producirse en las espumas.
- Las espumas no deben ser excesivamente estables y deben romperse rápidamente después de salir de la celda de flotación, de no ser así, causarán dificultades en las canaletas de recepción, en el espesamiento y en el filtrado.

LA PULPA

Es una mezcla del mineral molido con el agua, y viene a constituir el elemento básico de la flotación ya que contiene todos los elementos que forman el mineral. La pulpa debe reunir ciertas condiciones, es decir que el mineral debe estar debidamente molido a un tamaño no mayor de la malla 48, ni menor a la malla 270, dentro de este rango de tamaño de partículas, se podrá recuperar de una manera efectiva las partículas de los sulfuros valiosos (Esto depende básicamente de la mineralogía de tipo de mineral).

Cuando la pulpa contiene partículas gruesas (mayores a malla 48), debido a una mala molienda, estas partículas tiende a sentarse en el fondo de las celdas de flotación y pueden llegar a plantar el impulsor de la celda, atorar la tubería y causar más trabajo que de costumbre (rebasarían los canales, se atorarían las bombas etc.).

Si la pulpa contiene partículas muy finas (menores a malla 270), la recuperación de los sulfuros valiosos no va ser efectiva ya que se perderían en forma de lamas. Al estar la pulpa aguada, el flotador debe cuidar de que las espumas salgan normalmente de los bancos de limpieza y que no bote mucha espuma en el banco scavenger. Si la pulpa está muy fina, a la vez debe estar muy diluida, significa que estamos pasando menos tonelaje por lo tanto estamos perdiendo capacidad.

Pulpa: El circuito de molienda nos entrega, el overflow de los ciclones, un producto al que se le ha chancado y molido y que contiene sulfuros valiosos, ganga y agua; a esto nosotros llamamos pulpa. La pulpa debe cumplir ciertas condiciones tales como: Densidad y pH correcto según se requiera

Pulpa espesa; Una pulpa espesa (densidad muy alta) nos indicará molienda gruesa. Si esta pulpa ingresa a los circuitos de flotación, veremos que no flota o flota muy poco, debido a que los reactivos y el aire no pueden levantar granos muy grandes aun cuando se agregan cantidades enormes de reactivos. Además, se perderían también los sulfuros valiosos en los relaves, por falta de liberación

Una **pulpa muy fina** implica que tenemos una pulpa de densidad baja y significará que está pasando menos tonelaje. Si bien la cantidad de pulpa que llega a las celdas es igual, contiene menos sólidos, ya que es una pulpa aguada. Esto quiere decir, entonces que hay fuertes pérdidas de tonelaje. Además, cuando la pulpa es muy fina hay exceso de lamas que dificultan la flotación; ensuciando los concentrados, unas veces, y los relaves en otras.

EL AIRE

Es un factor importante que sirve para la formación de las burbujas (el conjunto de burbujas acompañadas de partículas de sulfuros forman las espumas) que se necesita en las celdas. Por tanto, el aire ayuda a agitar la pulpa

Las espumas se encargan de hacer subir o flotar los elementos valiosos hacia la superficie de la pulpa, en cada celda o circuito:

- a. El aire se obtiene a través de los ventiladores (Blowers) que ingresa a baja presión (2 - 6 lb/pulg² = 2 - 6 PSI) al interior de las celdas de flotación llenas de pulpa. O también la aeración en los tipos de celdas Sub – A es en forma natural o del medio ambiente que ingresan a baja presión al interior de la celda
- b. Si se usa mucho aire, se está haciendo una excesiva agitación, provocando que las espumas se reviente antes de rebosar por los labios de la celda o salgan conjuntamente con la pulpa, rebalsando las celdas, llevándose consigo a la ganga que no es necesaria
- c. Cuando se usa poco aire, la columna de espumas es baja e insuficiente no pudiéndose recuperar los elementos valiosos, que se pierden en el relave general. La cantidad de aire se regula de acuerdo a las necesidades requeridas en el proceso

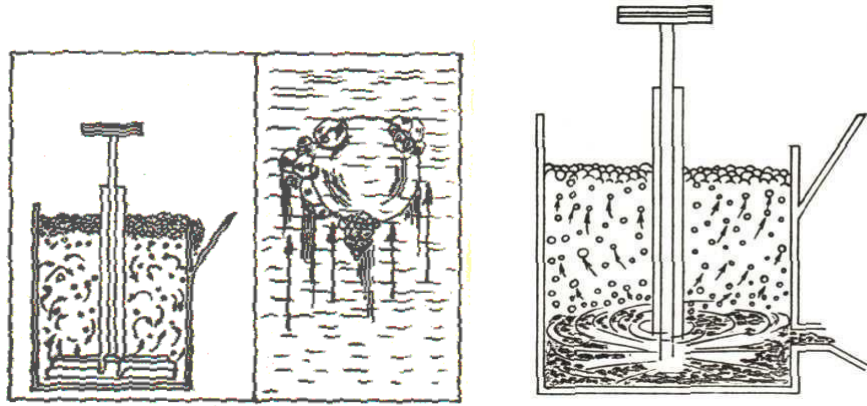


FIG. N°8 y 9 flotación de la pulpa por aire

En conclusión, no se debe usar ni mucho ni poco aire. El correcto control del aire y la altura de las compuertas nos darán siempre una buena espuma. (Con un espumante bien regulado)

El **pH indica** la cantidad de cal que contiene el circuito de flotación, esto es, su alcalinidad; a más cal, la pulpa es más alcalina; a menos cal, menos alcalina. En otras palabras el pH no es sino la forma de medir la cal en la pulpa. El factor pH se mide de 0 a 14, con un aparato llamado Potenciómetro; de 0 a 6 es ácido y de 8 a 14 es alcalino. El pH 7 es neutro (ni alcalino ni ácido) y corresponde al agua pura

LOS REACTIVOS

Son sustancias químicas que sirven para la recuperación de los sulfuros valiosos, despreciando o deprimiendo a la ganga e insolubles. Mediante el uso de reactivos podemos seleccionar los elementos de valor en sus respectivos concentrados

Para tener un mayor conocimiento de la función específica de cada reactivo, los podemos clasificar en tres grupos: Espumantes, Colectores y modificadores; que posteriormente lo estudiaremos en forma muy detallada todo lo referente a los reactivos químicos

Ya sabemos que en cualquier celda de flotación encontramos agua, aire, mineral molino y reactivos. Estos reactivos son sustancias que gustan y se asocian a uno o más de los

ESTABILIDAD DE LAS ESPUMAS

La estabilidad de las espumas de flotación determina una propiedad básica que es el tiempo de retención, donde también el factor básico en la ruptura de las espumas es la coalescencia de las burbujas, que tiene lugar cuando es considerable la reducción del espesor del lecho de agua que separa a las burbujas, cuando no hay suficiente estabilidad de dichas burbujas.

- Estelecho de agua se hace más delgado por las siguientes razones:
- El agua que se para a las burbujas corre hacia abajo por acción de la gravedad.
- El agua de los lechos se evapora de la superficie de las espumas.
- La presión de capilaridad P se produce cuando la reducción del lecho de agua alcanzado un cierto punto y el agua pasa al "triángulo de Gibbs", tiende a tirar la cubierta de la burbuja hacia adentro y está dada por la ecuación

$$P = \frac{2\gamma_{wa}}{r}$$

Donde:

- r = Es el radio de curvatura de la superficie de la burbuja.

4.2. REACTIVOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.

4.2.1. Los reactivos a emplear son:

Reactivos de Flotación Preparación de dosis y consumo

- Na₂S
- ZnSO₄
- MIBC
- CuSO₄

4.2.2. Equipos

Las pruebas de flotación se llevarán a cabo en la máquina de flotación Denver DR-18 Sub A que tiene una celda de 1.1 dcm³, con impulsor de 1500 rpm, y una proporción de aireación de 2.75 dcm³/min.

Circuito de separación Plomo – Cobre

Empieza en un tanque acondicionador de 5'X5' del primer y segundo concentrado bulk de las celdas DR 18 y de la celda unitaria, luego pasa a un Rougher de cuatro celdas DR-21, la cola pasa a una Scavenger de 4 celdas DR-21, las espumas retornan al acondicionador y la cola es el concentrado de Plomo. Las espumas de la Rougher pasan a cuatro etapas de limpieza en seis

celdas DR – 21, la primera limpieza son tres celdas y las restantes de una celda cada una de la cuarta se obtiene el concentrado de cobre.

Flotación de Zinc

El relave de la flotación bulk pasan a un acondicionamiento realizado en dos acondicionadores de 8' x 8', donde se adicionan los reactivos: sulfato de cobre, xantato Z-11 y cal.

Flotación Rougher

La flotación Rougher se realiza en dos etapas:

La primera Rougher constituida por una celda OK-20. Las espumas producidas pasan como alimentación de la primera y segunda etapas de limpieza y el relave es alimentación de la segunda Rougher.

La segunda Rougher constituida por 4 celdas Denver DR-18 cuyas espumas se envían a la primera etapa de limpieza y el relave es alimento de la flotación Scavenger.

Flotación Scavenger

La flotación Scavenger se realiza en 4 celdas Denver DR-18, cuyas espumas se alimentan a la primera Rougher y el relave se envía a la cancha de disposición de relaves.

Flotación Limpiadoras

La limpieza de los concentrados de zinc se realiza en dos sistemas.

El sistema convencional se realiza en cuatro etapas:

La primera etapa de limpieza se realiza en ocho celdas Denver DR-18, las espumas producidas se envían a la segunda etapa de limpieza. **La segunda etapa de limpieza** se realiza en seis celdas Denver DR-18 cuyas espumas son compartidas para celda Jameson y la tercera etapa de limpieza el relave retorna como alimentación de la primera etapa.

La tercera etapa de limpieza se realiza en cuatro celdas Denver DR-18 cuyas espumas se envían a la cuarta etapa de limpieza y el relave retorna como alimentación de la segunda etapa.

La cuarta etapa de limpieza se realiza en cuatro celdas Denver DR-18 cuyas espumas son el concentrado final de zinc y el relave retorna como alimentación de la tercera etapa.

El sistema no convencional de limpieza se realiza en una celda tipo Jameson, que recibe como alimentación a las espumas de la segunda etapa convencional de limpieza y produce un

concentrado final de zinc. El relave de la celda tipo Jameson retorna como alimentación de la tercera etapa de limpieza.

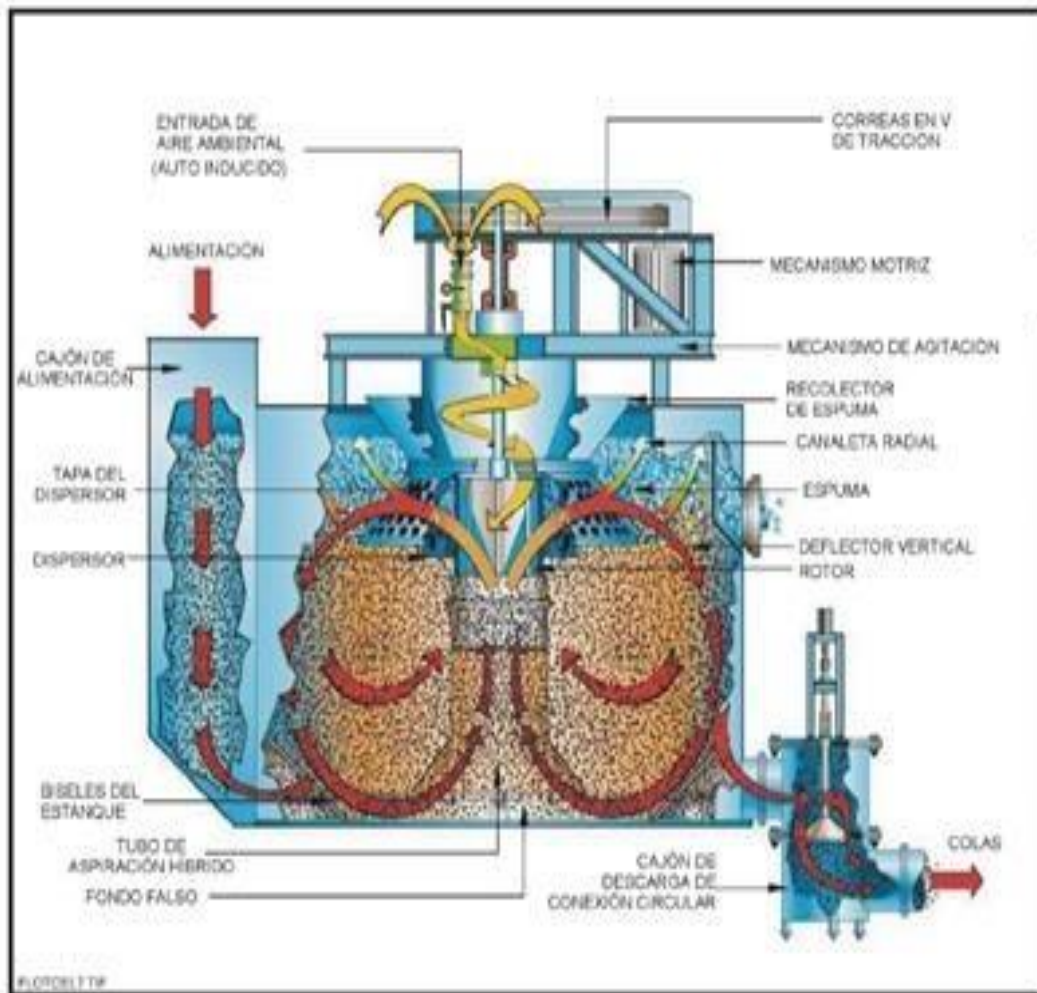
Espesamiento y Filtrado de concentrado

Espesamiento y Filtrado de Plomo

El concentrado de plomo procedente de la cola del banco Rougher de separación llega y se somete al proceso de reducción de agua en un espesador Dorr Oliver de 50'x10' , luego pasa a un agitador 8'x8' y de donde la descarga con una alta densidad se alimenta a dos filtros de presión Larox PF 4.7 y el otro Larox PF 2.5 para producir un concentrado con humedad menor a 9%

Espesamiento y Filtrado de Zinc

El concentrado de zinc procedente de la cuarta limpiadora y de la celda tipo Jameson llegan a un espesador Outotec de 70'x10' , la descarga con una alta densidad se alimenta a un filtro cerámico CC45, para producir un concentrado con humedad menor a 10%.



1 FIG. N° 10 CELDA DE FLOTACION

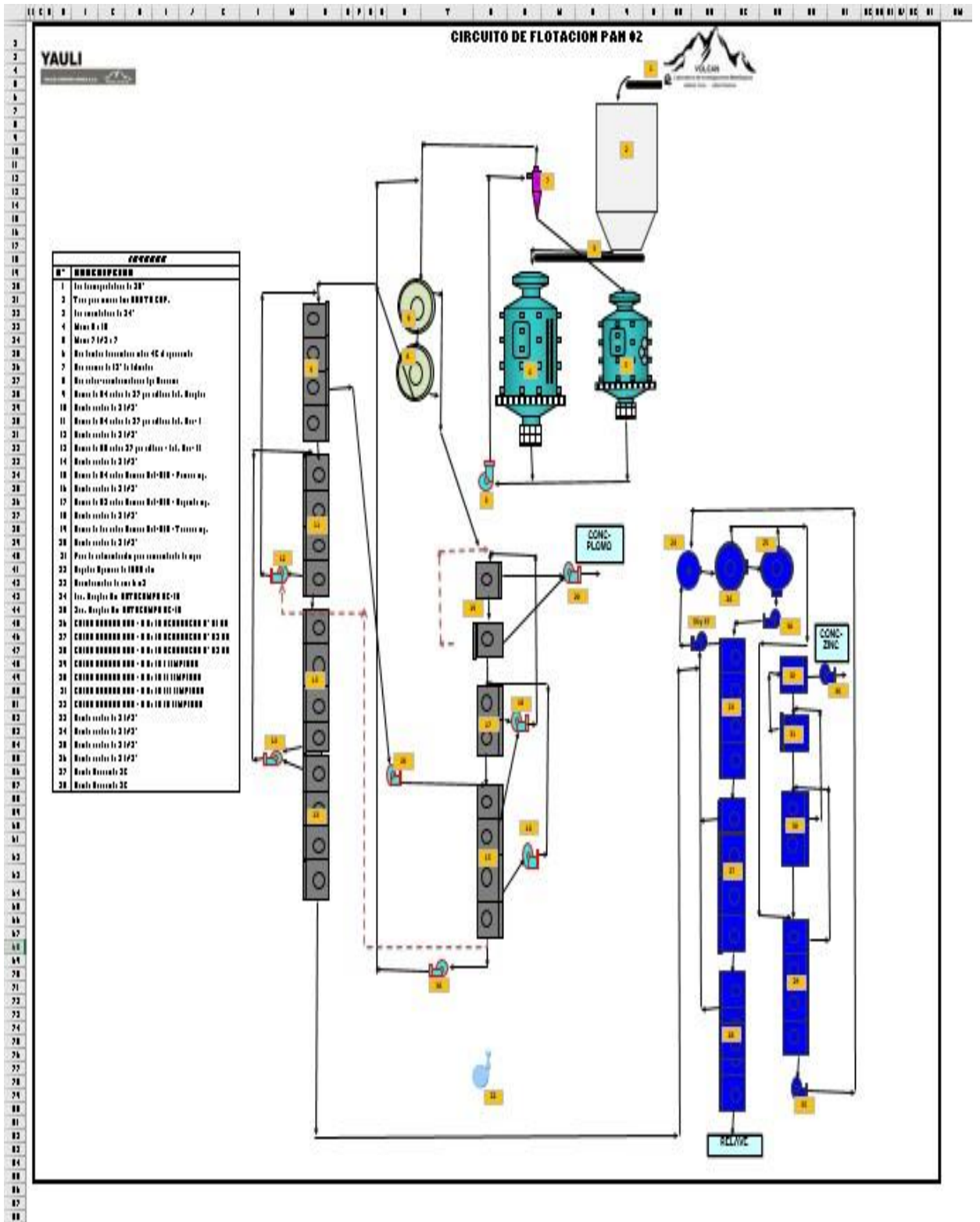


DIAGRAMA DE FLUJO N° 2 DE LA CELDA DE FLOTACION POR ESPUMA

TABLA N° 4 DE REACTIVOS

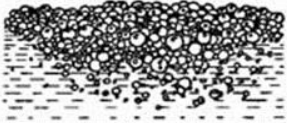
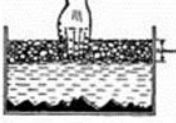

REACTIVOS	EXCESO	DEFECTO
ESPUMANTES Aceite de Pino Frother 70, MIBC Dowfroth 250	Gran cantidad de espumas Rebalsan los canales y cajones Tendencia a ensuciar los concentrados	Muy baja la columna de espuma Los sulfuros valiosos se pasan al relave
COLECTORES Xantato Z – 11 Xantato Z – 6 Aerofloat 25 Ditiolfosfatos Reactivo 301	Flotan todo tipo de sulfuros No hay selección Se ensucian los concentrados Flota pirita e insolubles Produce carga circulante	Espumas muy pobres con concentrado limpio Espumas muy frágiles Los sulfuros valiosos se pasan al relave
MODIFICADORES Sulfato de Zinc y Bisulfito de sodio (Deprime sulfuros de zinc, ZnS)	Despílfaro, consumos muy altos Aumenta consumo de $CuSO_4$ Peligro de envenenar la pulpa Depresión de sulfuros de plomo Activación de sulfuros de hierro al bajar el pH	Flotan los sulfuros de zinc en el circuito de plomo o bulk 
Cianuro de Sodio (Deprime Pirita y sulfuro de zinc)	Un exceso en el circuito de Pb o bulk, deprime los sulfuros de Pb y Ag Activa los sulfuros de Zn al subir pH	Flotarían mucho hierro y se ensuciaría el concentrado
Bicromato de Sodio (Deprime sulfuros de plomo) Se usa para separar plomo de cobre	Despílfaro consumo alto inútil Aumenta consumo de colectores Peligro de envenenar la pulpa Aguas con alto contenido de iones Cr	Flota mucho plomo con el cobre en la separación 
Sulfato de cobre (Reactiva los sulfuros de zinc que han sido deprimidos por el sulfato de zinc)	Se espesan las espumas de los concentrados de zinc, y los concentrados se ensucian con pirita Producen pérdida de sulfuros en el relave Producen carga circulante innecesaria	No se reactivan completamente los sulfuros de zinc que vienen de la flotación bulk. Además, se suavizan las espumas y los sulfuros valiosos se pasan al relave (espumas muy frágiles)
Lechada de cal, Carbonato de sodio (reguladores de pH y depresores de Pirita)	Se eleva demasiado el pH Las espumas son frágiles Aumenta el consumo de colectores Los sulfuros se pierden en el relave	Se baja el pH Flota pirita en exceso Se espesa las espumas Se ensucia el concentrado
Superfloc, Separan (floculante, aglomerantes de lamas)	Demasiado costo. Veloz asentamiento de los sólidos, pueden plantar los rastrillos del espesador	Pérdida de sólidos en el rebalse del espesador
Silicato de sodio Almidón (dispersantes de lamas)	Peligro de envenenar la pulpa 	No dispersa bien la ganga silicosa. Se ensucian los concentrados

TABLA N° 5 DE INSUMOS



4.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Se ha tratado por flotación los minerales sulfurados de plomo y zinc proveniente de la U.M. Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A Junín. El análisis mineralógico de los especímenes mostraron que las principales especies de mineral fueron la esfalerita, la galena, la pirita, (40 - 45 %). La esfalerita, teniendo apariencia más masiva, tuvo a veces inclusiones de chalcopirita en este. El tamaño de las inclusiones fue a veces tan bajo como 5 micras. La chalcopirita también fue encontrada como granos libres en galena y esfalerita junto con sulfosales. El tamaño de liberación estuvo alrededor de 150 micras. La muestra contuvo 3.34 % Pb, 11.68% Zn.

El mineral fue molido a -1 mm y almacenado en bolsas dobles de nilón con un peso de 300 gramos para prevenir la posible oxidación de la superficie. Los experimentos de flotación fueron llevados a cabo con máquina de flotación Denver que tiene una celda de 1.1 dm³ después del moler de mineral a 100 % pasando 150 μ m (80% -69 μ m). La velocidad rotacional del impulsor fue 1500 rpm y la tasa de aeración fue de 2.75 dm³/min a través de los experimentos. La dosis del espumante (MIBC) fue mantenida constante en todas las pruebas como 90 g/Mg.

La Figura 1 expone el flowsheet general para la flotación sin colector. En esta investigación, el efecto del sulfuro de sodio, sulfuro de zinc, tiempo de acondicionamiento, el pH y limpieza de concentrados fueron investigados. El resultado óptimo fue comparado con el de una flotación convencional que utiliza tipos diferentes de colector.

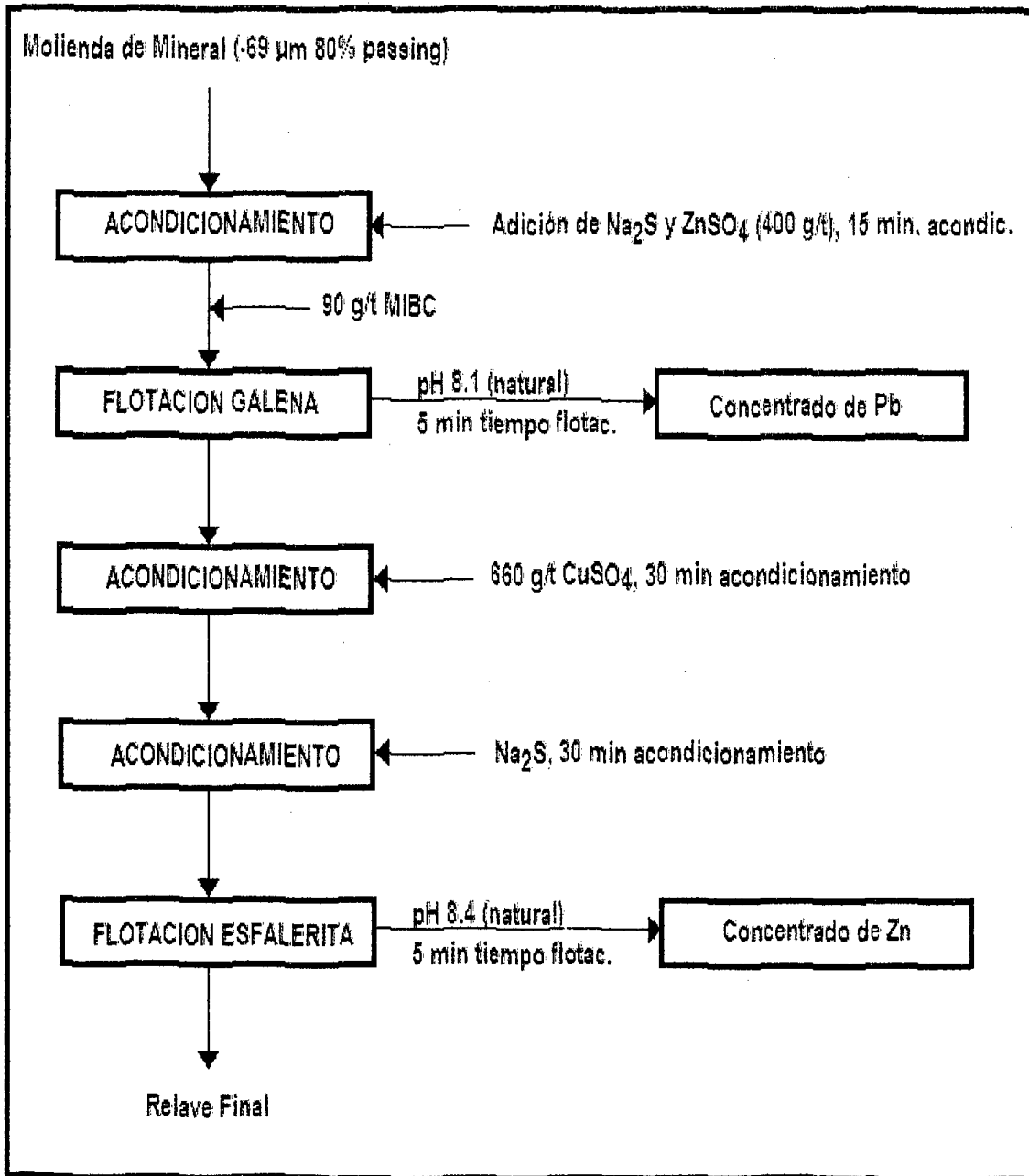


DIAGRAMA DE FLUJO N°3 GENERAL DE LA CELDA DE FLOTACIÓN SIN COLECTOR CON VALORES INICIALES DE PARÁMETROS

4.4. RESULTADOS y DISCUSION.

EXPERIMENTACIÓN: Se realizan en el Laboratorio **UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A – JUNIN.**

EXPERIMENTOS DE FLOTACION CON ADICION DE COLECTOR

Para ver las características de flotación del mineral, los experimentos fueron iniciados con adición de colector. Una comparación de los resultados obtenidos con adición de colector y sin colector ayudarán a medir el éxito de la idea de flotación sin colector de los minerales de plomo y zinc en la mena. La galena y la esfalerita fueron flotadas selectivamente con colectores del tipo sulfidrilos. 100 g/Mg de colector fue utilizado y fue acondicionado durante 5 minutos a través de los experimentos. El sulfuro de sodio no fue utilizado en el colector adicionado a los experimentos de flotación. Los resultados son dados en la Tabla 1.

Tabla N° 5 efecto de diferentes reactivos en la flotación

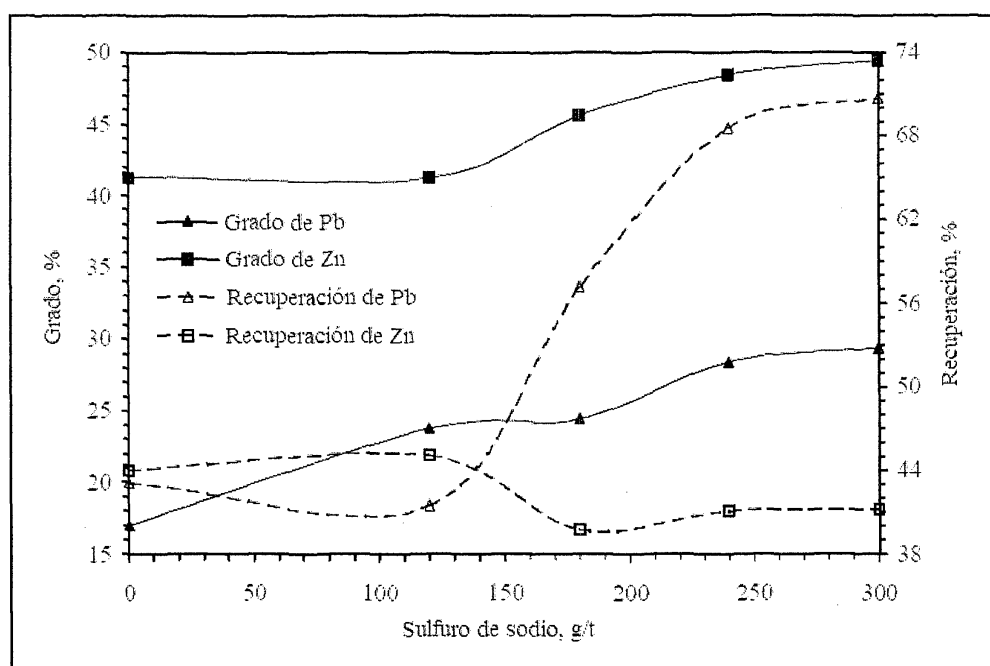
Producto	Peso, %	Grado		Recuperación		Tipo de colector
		Zn, %	Pb, %	R _{Zn} , %	R _{Pb} , %	
Conc. Pb.	28.42	21.60	10.76	52.56	91.56	Cyanamid Aero 3051
Conc. Zn	10.34	44.50	1.70	39.14	5.29	
Relave	61.19	1.50	0.26	8.30	3.15	
Conc. Pb	17.33	17.32	17.70	27.07	89.90	Cyanamid Aero 238
Conc. Zn	17.14	41.11	0.52	63.54	2.61	
Relave	65.53	1.59	0.39	9.39	7.49	
Conc. Pb	19.09	18.80	16.70	30.13	89.27	Cyanamid Aero 3477
Conc. Zn	21.21	35.00	0.56	62.33	3.32	
Relave	54.70	1.50	0.44	7.54	7.11	
Conc. Pb	20.56	20.50	14.46	36.62	89.28	Cyanamid Aero 343
Conc. Zn	15.94	40.60	1.20	56.23	5.74	
Relave	63.50	1.30	0.26	7.15	4.98	
Conc. Zn	20.29	38.40	0.34	67.87	1.90	3418A
Relave	66.31	1.20	0.40	6.92	7.29	
Conc. Pb	20.46	20.20	16.30	36.29	90.13	Cyanamid Aero float 33
Conc. Zn	15.99	40.60	0.70	57.00	3.03	
Relave	63.55	1.20	0.10	6.71	6.84	
Conc. Pb	27.83	20.10	11.70	49.24	91.21	Cyanamid Aero float 25
Conc. Zn	13.73	36.90	1.00	44.60	3.85	
Relave	58.44	1.20	0.30	16.16	4.97	
Conc. Pb	16.38	17.80	18.90	26.27	87.70	Hoechst Hostafloat LSB
Conc. Zn	18.36	40.30	0.50	66.66	2.60	
Relave	65.26	1.20	0.52	7.07	9.70	
Conc. Pb	16.52	15.91	18.72	22.43	91.66	Cyanamid Aero 4037
Conc. Zn	20.41	36.08	0.47	63.05	2.87	
Relave	63.07	2.68	0.29	14.52	5.53	

EXPERIMENTOS DE FLOTACION

Sulfuro de Sodio

El sulfuro de sodio ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) fue utilizado para limpiar los óxidos de la superficie de minerales de sulfuro como agente de sulfurizante. La cantidad de sulfuro de sodio agregado en el circuito de zinc fue mantenida constante como 150 g/Mg de mineral mientras fue cambiado de 0 a 300 g/Mg en el circuito de plomo. Las condiciones y los resultados experimentales son mostrados en la Figura 2.

GRAFICO N° 1 DE REACTIVOS DE SULFURO DE SODIO



Efecto del sulfuro de sodio adicionado en el circuito de plomo sobre el grado y recuperaciones del Plomo y zinc en sus correspondientes concentrados (pH 8.1 en el circuito de plomo, y pH 8.4 y 660 g/Mg de CuSO_4) adicionados en el circuito de zinc.

El grado de Pb así como la recuperación y grado de Zn aumentaron con la adición de Na_2S hasta 240 g/Mg de concentración de Na_2S . Como fue mencionado arriba, el Na_2S puede ser utilizado o como agente sulfurizante para minerales oxidados o un agente reductor para la depresión de sulfuros. Entonces, puede ser concluido que los oxihidroxidos de hierro, viniendo posiblemente del acero de los molinos y la pirita, un componente del mineral, y los oxihidroxidos de Pb y Zn cubrirían superficies minerales. Así, el incremento del grado de Pb y de Zn sería atribuido a la eliminación de estos oxihidroxidos metálico sin interferentes y a la exposición

concomitante de la sub capa rica en azufre (Cases y otros, 2009; Grano y otros, 1997). 240 g/Mg de sulfuro de sodio dio resultados razonables, teniendo en cuenta tanto los grados de Pb y de Zn y las recuperaciones de sus correspondientes concentrados. Desde que el sulfuro de sodio es un agente reductor fuerte, no fue preferido utilizar más de 240 g/Mg en el circuito de plomo debido a posibilidad de un efecto adverso en el circuito de zinc (Herrera-Urbina, 2011)

GRAFICO N° 2 Efecto del sulfuro de sodio adicionado en el circuito de zinc sobre el grado y recuperación de zinc (pH 8.1 en el circuito de plomo, y pH 8.4 y 660 g/Mg CuSO4 adicionado en el circuito de zinc).

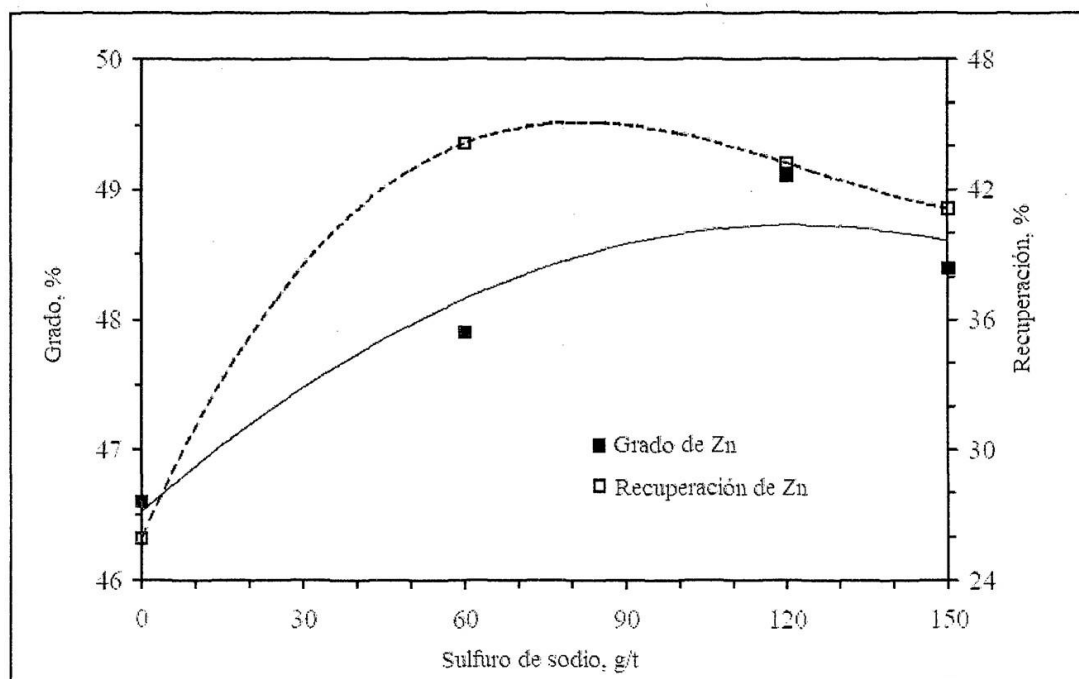


GRAFICO N° 2 presenta las condiciones y resultados experimentales del efecto del sulfuro de sodio en circuito de Zn. Los resultados mostraron que la recuperación del Zn bruscamente aumenta hasta 60 g/Mg Na₂S, y entonces gradualmente disminuye. Esto sería originado de la eliminación de compuestos hidrófilos de oxihidróxido de la superficie de la esfalerita como se indicó anteriormente. O, también puede ser propuesto que la formación de una superficie rica en azufre y deficiente en metal (Buckley y otros., 2005), adsorción de poli sulfuros (Luttrell y Yoon, 2004) o la presencia de azufre elemental (Gardner y el Bosque, 2009; Henos y Ralston, 2008) probablemente contribuyó a la hidrofobicidad de la superficie de la esfalerita activada con cobre. Más de 60 g/t de sulfuro de sodio no mejoró el grado de zinc y la recuperación. En vez de eso, tiene como resultado una pequeña disminución, desde que el Na₂S es un agente depresor para

minerales no oxidados de sulfuro debido a la disminución en el potencial de pulpa. Por lo tanto, esta disminución gradual sería atribuida a la depresión de la esfalerita debido a la reducción de los Valores de potencial de pulpa.

Sulfuro de zinc

La dosis del sulfato del zinc fue variada de 20 g/Mg a 830 g/Mg. El sulfato del zinc disminuye la activación posible de la esfalerita por los iones Pb^{+2} que vienen de la galena, y así que la pérdida de la esfalerita en el Circuito de Pb (GRAFICO 3). Sin embargo, cantidades grandes de ello hicieron que la flotación de la esfalerita sea difícil en el circuito de zinc (GRAFICO 4), que causó las pérdidas de zinc en los relaves finales. Además, su efecto adverso también fue observado en el grado de Pb y la recuperación de concentrado de galena (GRAFICO 3) posiblemente debido a la precipitación del $Zn(OH)_2$ en la superficie mineral (Laskowskiy otros, 1997; Trahary otros, 1997; El-Shaly otros, 2000). También, tiene como resultado el aumento en la recuperación de Pb en el Circuito de Zn posiblemente debido a la activación del Cu (GRAFICO 4). Desde entonces, en el sulfato de cobre del circuito de zinc fue agregado para activar a la esfalerita y para eliminar el efecto depresor del sulfato de zinc. 100 g/Mg de sulfato de zinc fue el valor óptimo como es visto en los gráficos 3 y 4.

GRAFICO N° 3 Efecto del sulfato de zinc sobre los grados y recuperaciones de Pb y Zn en los concentrados de Pb (pH 8.1 en el circuito de Pb)

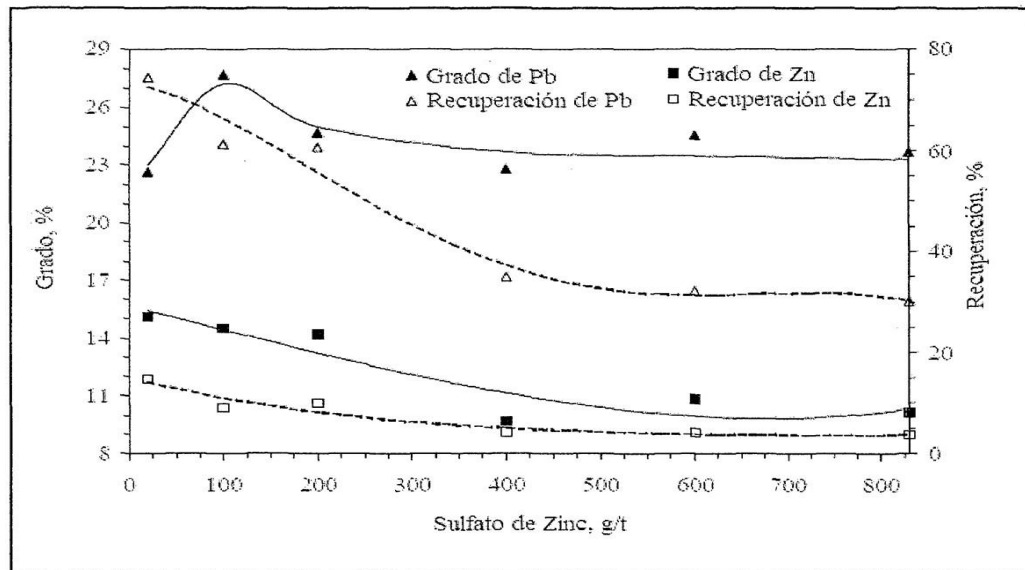
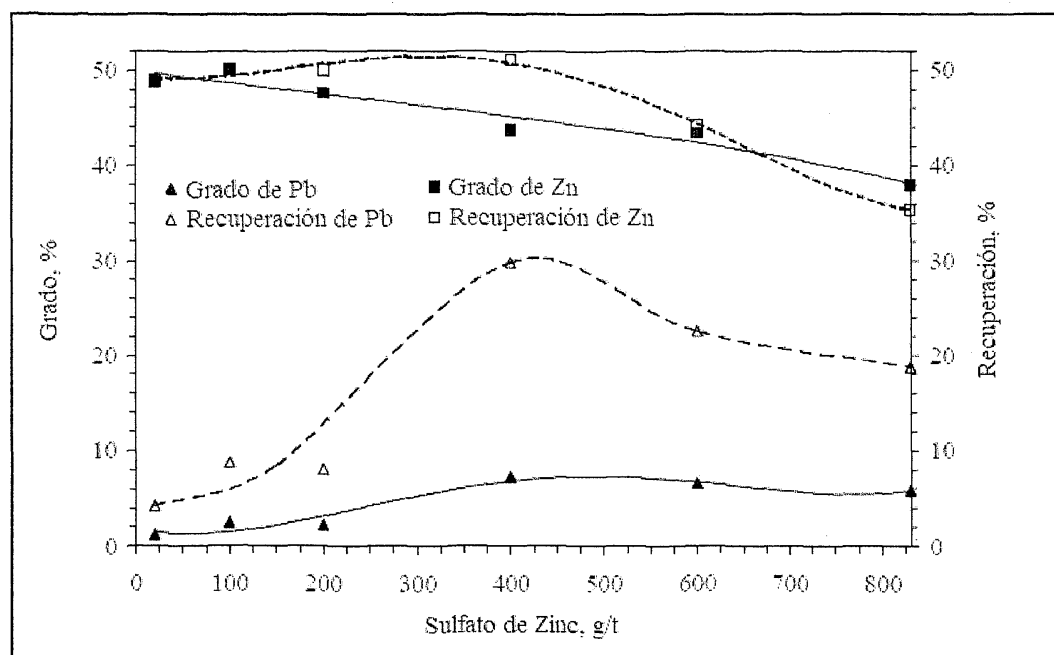


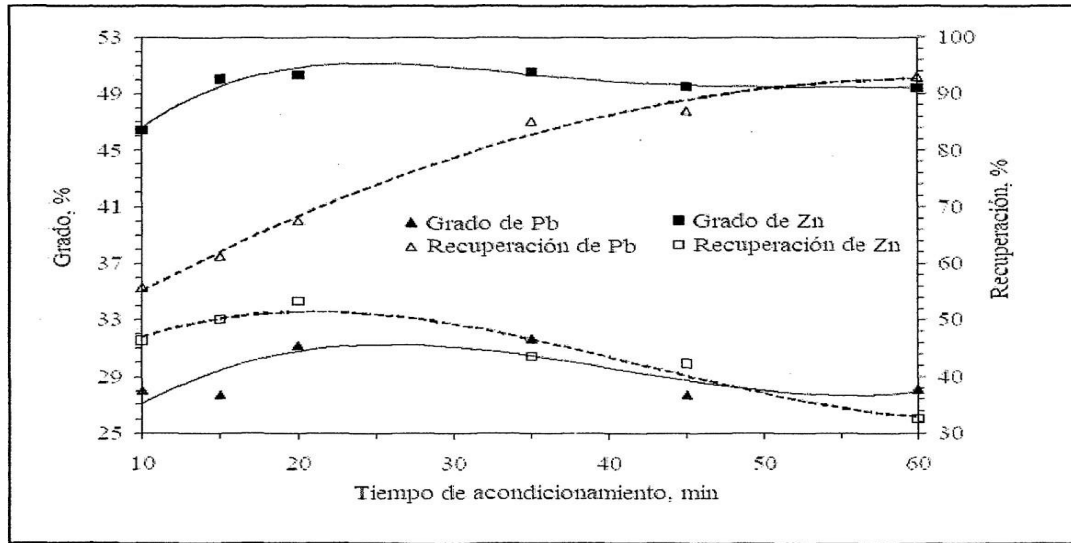
GRAFICO N° 4 Efecto del sulfato de zinc sobre los grados y recuperaciones de Pb y Zn en los Concentrados de Zn (pH 8.1 en el circuito de Pb y, pH 10.3 y 660 g/t Cu504 adicionado en el circuito de Zn)



Tiempo de Acondicionamiento.

El período de acondicionamiento para la reacción del sulfuro de sodio en la superficie del sulfuro es un parámetro importante. Esto es no sólo para cubrir de superficies de sulfuro con azufre elemental e iones de polisulfurosino que también es importante para el potencial de oxidación de pulpa. El sulfuro de sodio, como es mencionado antes, es un agente reductor fuerte, y por lo tanto el tiempo es necesario para aumentar el potencial de pulpa. También, el hierro proveniente del acero del molino fue un consumidor alto de oxígeno, y de ahí disminuyó la tasa de oxidación de sulfuro, que disminuyó en cambio la hidrofobización con el sulfuro de sodio. Así, el tiempo de acondicionamiento fue aumentado para mantener el oxígeno y entonces reducir el efecto adverso de los iones de hierro que vienen del molino.

GRAFICO N° 5 Efecto del tiempo de acondicionamiento en el circuito de plomo tanto en los grados y recuperaciones de Pb y Zn en sus correspondientes concentrados (pH 8.1 y 100 g/Mg ZnS04 en el Circuito de Pb y pH 10.3 y 660 g/Mg CuS04 en el Circuito de Zn).

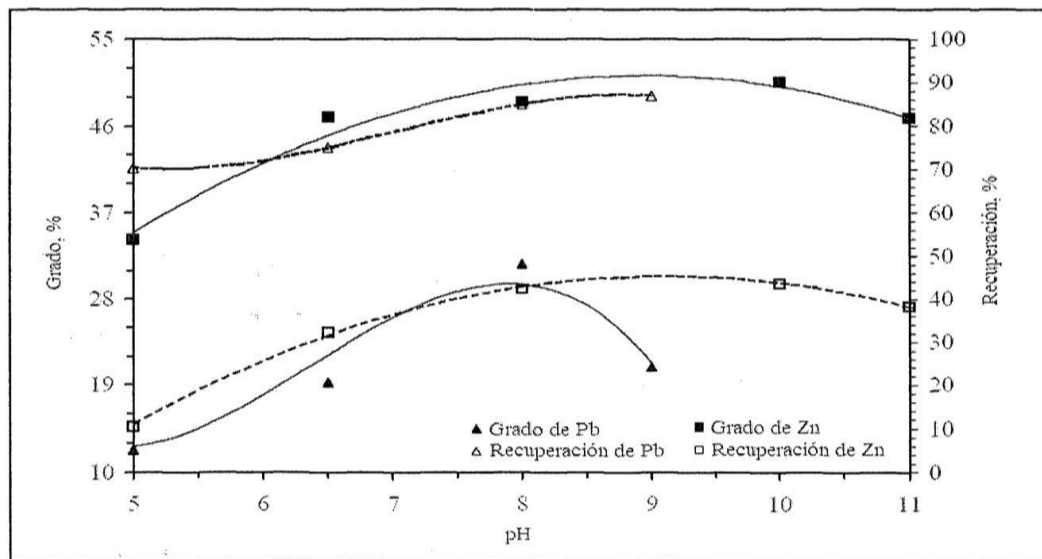


El tiempo de acondicionamiento fue cambiado de 10 a 60 minutos en el circuito de plomo mientras que fue mantenido constante como 30 minutos en el circuito de zinc. La Figura 6 presenta las condiciones y los resultados experimentales. Los resultados apoyan las conclusiones de Luttrell y Yoon (1983) que una superficie relativamente fresca hecha por el sulfuro de sodio es necesitada en un ambiente oxidante para la flotación sin colector.

pH

El pH del medio es un factor importante que influye en la flotación. Para investigar los valores óptimos para ambos circuitos, el pH fue variado de 5 a 9 en el circuito de Pb mientras fue mantenido constante en pH 8 en el Circuito de Zn. Después de la determinación del pH óptimo en el circuito de Pb, fue variado de 5 a 11 en el circuito de zinc. La Figura 7 presenta las condiciones y los resultados experimentales.

GRAFICO N° 6. MEDICION DE PH



4.5. ANALISIS Y DISCUSIONES

- Las recuperaciones de plomo y zinc tendrán un incremento mínimo de 2.5%, 3.5% y 3.5%, respectivamente.
- La calidad de los concentrados será mayor a 55% de Pb en el concentrado Pb y mayor a 50% de Zn en el concentrado de Zn.
- Se obtendrán mayores ingresos por la mejora en la recuperación de plomo y zinc y la mejor calidad de sus concentrados.
- La mejor calidad de los concentrados brindará la posibilidad de lograr mejores condiciones de comercialización para los concentrados de plomo y zinc.
- Es posible recuperar valores de plomo desde la molienda y enviar sus concentrados como producto final.
- El incremento en el tiempo de residencia de la pulpa en el proceso de flotación de plomo y zinc nos permite estar preparados para un incremento de tonelaje de tratamiento.
- Utilizando los reactivos si es posible la recuperación de plomo y zinc en las celdas de flotación por espuma.

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las recuperaciones de plomo y zinc tendrán un incremento mínimo de 2.5%, 3.5% y 3.5%, respectivamente.
- La calidad de los concentrados será mayor a 55% de Pb en el concentrado Pb y mayor a 50% de Zn en el concentrado de Zn.
- Se obtendrán mayores ingresos por la mejora en la recuperación de plomo y zinc y la mejor calidad de sus concentrados.
- La mejor calidad de los concentrados brindará la posibilidad de lograr mejores condiciones de comercialización para los concentrados de plomo y zinc.
- Es posible recuperar valores de plomo desde la molienda y enviar sus concentrados como producto final.
- El incremento en el tiempo de residencia de la pulpa en el proceso de flotación de plomo y zinc nos permite estar preparados para un incremento de tonelaje de tratamiento.
- Utilizando los reactivos si es posible la recuperación de plomo y zinc en las celdas de flotación por espuma.

5.2. RECOMENDACIONES

- De lo concluido en este trabajo podemos recomendar el estudio de aplicación de tecnologías e innovaciones en las cuales reduzcamos al mínimo el uso de reactivos, con lo cual ayudaremos a la preservación del medio ambiente.
- Estas pruebas requieren de mayor estudio experimental, con la finalidad de optimizar sus valores en las variables dependientes, para lo cual es recomendado usar modelos matemáticos o diseños experimentales.
- Los datos especificados en los estudios de esta naturaleza deben de ser incluidos en instrumentos de gestión ambiental, como los estudios de impacto ambiental.

CAPITULO V

FUENTES DE INFORMACIÓN

5.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

ARMIJOS, I. (2011). Comportamiento del mineral de skarn aurífero del yacimiento fortuna i a ensayos de lixiviación con cianuro, de la compañía minera Fortuna Gold Mining Corporation, ubicada en San Carlos de las minas, distrito minero Nambija. Recuperado el 25 de 10 de 2016, de Repositorio Institucional de Trabajos de fin de Titulación Universidad Técnica Particular de Rioja: <http://dspace.utpl.edu.ec>

BRAVO, A. Manual De Flotación De Minerales. Empresa Minera Los Quenuales S.A. Unidad Minera Yauliyacu . Perú.

CATALDO , P. (2008). Modelamiento De Un Sistema De Costeo Basado En Actividades Para El Proceso De Flotacion De La Compañía Minera Doña Inés De Collahuasi.Santiago De Chile.

CASTILLO, J .Flotacion De Plomo Y Zinc. Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion. Facultad: Ingenieria Quimica Y Metalurgia. E.A.P: Ingenieria Metalurgia.

CEGARRA, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica. Brcelona: Díaz DE SANTOS.

FONSECA,J.(2012). Análisis, Modelación Y Simulación Del Proceso De Flotación En Una Celda De Contacto.Universidad De Chile.Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas.Departamento De Ingeniería Química Y Biotecnología. Santiago De Chile.

HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C., & BAPTISTA M. (2010). Metodología de la investigación. Mexico: Mc Crow Hill.

LÓPEZ, J. (2013). Estudio comparativo de la lixiviación alcalina de una mena aurífera mediante el uso de cianuro de potasio contra el uso de tiosulfato de sodio. Recuperado el 24 de 10 de 2016, de Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx>

MARCHESE, A. (2008). Optimización del proceso de cianuración de un mineral aurífero. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de <http://app.tecsup.edu.pe>

MARSDEN, J., & HOUSE, I. (2006). The Chemistry of Gold Extraction. Colorado: Society mining of metallurgy an exploration.

MAZZOLA, T. (21 DE 8 DE 2008). CIANURACIÓN. Recuperado el 27 de 10 de 2016, de Texto científico: <http://www.textoscientificos.com>

MESTAS ,J. (2015). Instalacion De Una Planta Piloto De Flotacion,Para El Tratamiento De Un Mineral Aurifero Refractario En Minera Colibri Sac.Arequipa- Perú.Universidad Nacional San Agustin De Arequipa.Facultad De Ingenieria De Procesos.Escuela Profesional De Ingenieria Metalurgica

MORANTE, F., SOBRAL, L., GUERRERO, J., RAMOS, R., & MONTALVÁN, F. (11 DE 2005). Cianuración por agitación para la disolución de oro de las menas de Ponce Enríquez (provincia del Azuay - Ecuador). (X. E. Natal-RN, Ed.) Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Centro de Tecnología Minera: <http://www.cetem.gov.br>

PARDAVE, B. (2013). recuperación de minerales de cobre complejos y óxidos por flotación en la planta concentradora carolina sac - 2013. Huacho: UNJFSC.

PÉREZ C., REYES J., OJEDA, M..Optimización De La Recuperación-Grado De Minerales Sulfuros Mediante Un Tratamiento Estadístico.Facultad De Ingeniería / Instituto De Metalurgia, Universidad Autónoma De San Luis Potosí, Av. Sierra Leona 550, Lomas 2ª Sección, 78210 San Luis Potosí, S.L.P., México.

RICHARD, A. (2001). Chemical Hydrometallurgy: Theory and Principles. London: College Press. Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <https://books.google.com.pe>

ROMERO, A., & FLORES, S. (2009). La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de Revista del Instituto de Investigación: <http://sisbib.unmsm.edu.pe>

VARGA, J. (1983). Metalurgia del Oro y la Plata. Lima: San Marcos.

VESGA, D. (2010). Evaluación de la disolución de oro del mineral de la mina san pablo, ubicada en el municipio de Remedios Antioquia, mediante cianuración con agitación mecánica. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de Repositorio Institucional Universidad Industrial de Santander: <http://repositorio.uis.edu.co>

5.2. FUENTES ELECTRÓNICOS

- <https://es.scribd.com/doc/162775688/Manual-Flotacion-de-Minerales>
- https://dokupdf.com/download/capitulo1-100518105441-phpapp02-_5a023543d64ab2b9bda32ad9_pdf
- <https://www.google.com.pe/search?q=flotacion+de+minerales+por+espuma&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj9quLHk>
- <http://www.monografias.com/trabajos103/reactivos-flotacion/reactivos-flotacion.shtml>
- <http://www.edumine.com/courses/online-courses/flotacion-1-fundamentos/>

ANEXOS

A - 1: Matriz Consistencia General

Título	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
<p>“PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO DE ZINC Y PLOMO , UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA DE VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A - JUNIN 2016.”</p>	<p>Generales</p> <p>¿En qué medida el Proceso de Flotación por Espuma Influye en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?</p>	<p>General</p> <p>Demostrar en qué medida el Proceso de Flotación por Espuma Influye en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.</p>	<p>General</p> <p>El Proceso de Flotación por Espuma Influye, en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán. Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.</p>	<p>Independiente</p> <p>EL PROCESO DE FLOTACION POR ESPUMA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pulpa. Densidad • ph • aire - ventiladores

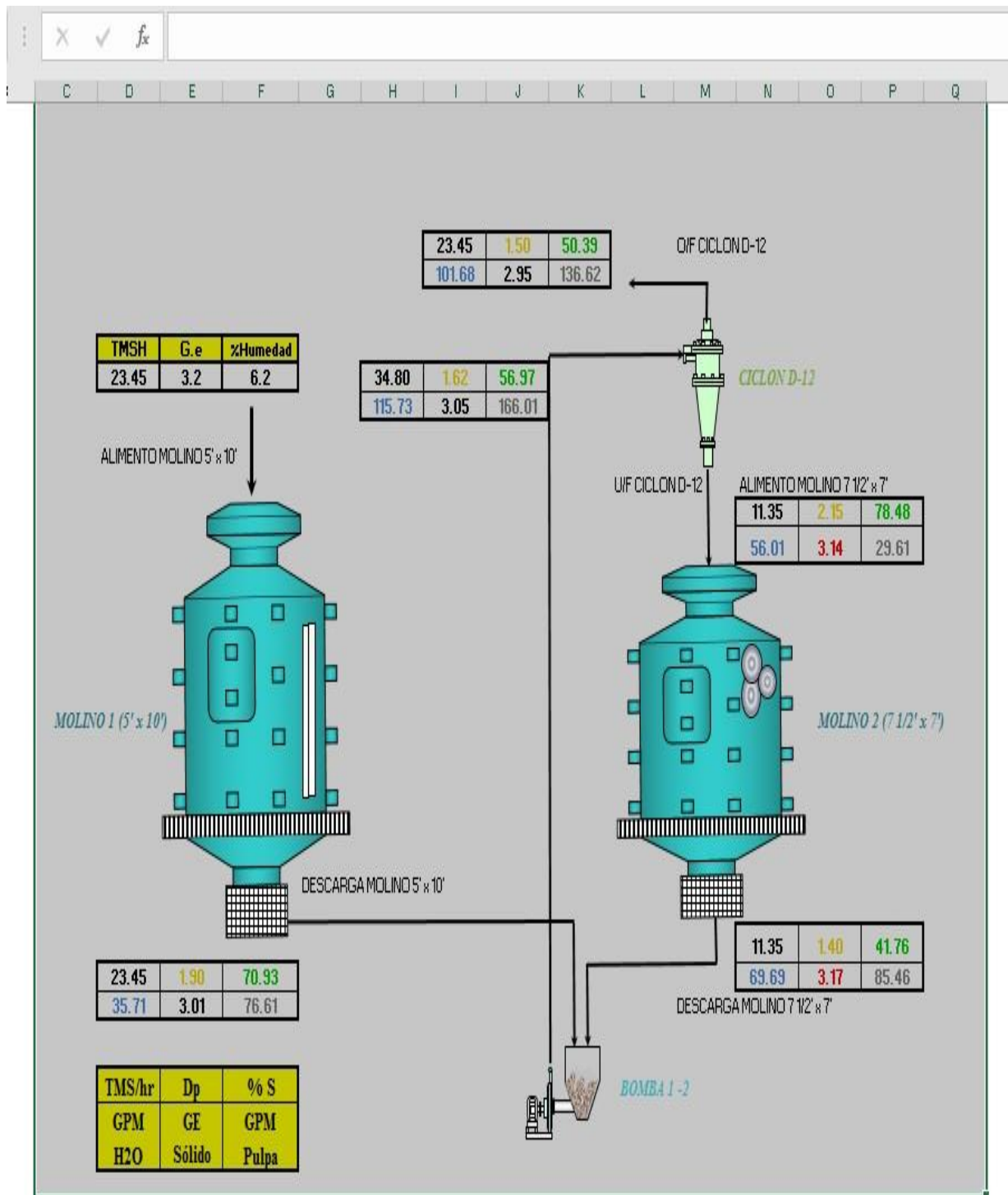
A - 2: Matriz Consistencia Específico

Título	Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Indicadores
	¿De Qué Manera la pulpa Influye en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?	-Determinar de qué Manera la pulpa Influye en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.	- la pulpa Influye, en el Proceso de Flotación por Espuma para el Aumento de Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.		
	¿De qué manera el aire influye en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?	-Evaluar de qué manera el aire influye en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.	- el aire influye, en el Proceso de Flotación por Espuma en el Aumento de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.	AUMENTO DE LA RECUPERACION DEL CONCENTRADO ZINC Y PLOMO	- reactivos - espumante - colectores. - modificadores
	¿En qué medida las sustancia químicas o reactivos cumplen una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.?	-Evaluar en qué medida las sustancia químicas o reactivos cumplen una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016	- las sustancias químicas o reactivas cumplen, una función específica para el Proceso de Flotación por Espuma y Aumentan de la Recuperación del Concentrado Zinc y Plomo en la Unidad Minera Andaychagua de Volcán Compañía Minera S.A.A - Junín 2016.		

Plomo-Zinc

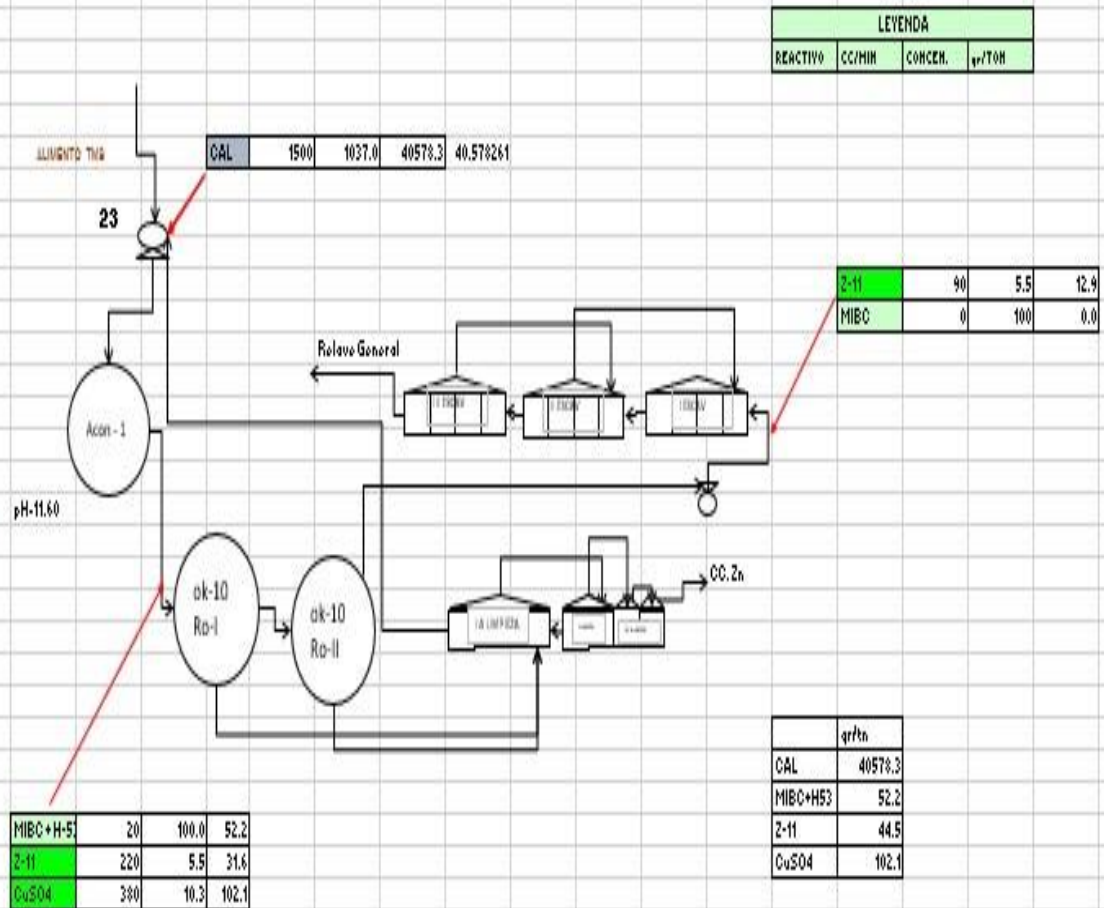
Los principales minerales son la galena PbS y la esfalerita o blenda ZnS . Otras especies: wurtzita, marmatita y formas oxidadas. Depósitos conteniendo galena finamente cristalizada en general contienen oro y plata disueltos, actuando como núcleos de cristalización. Metales preciosos pueden aún estar disueltos en otros sulfuros, por ejemplo a piritita, o estar presente en los contornos de los granos. Los principales minerales de ganga son piritita y pirrotita (sulfuros), dolomita y calcita (básicos) y, cuarzo y silicatos (ácidos).





A - 4: TANQUES Y CELDAS DE FLOTACION

ADICION DE REACTIVOS CIRCUITO DE FLOTACION ZIN 02 2016



Nota: Se trabaja darificando H-53 + MIBC a toda el circuito de zinc.

A - 5: ADICION DE REACTIVOS