

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Fundada en 1968 Decreto Ley N° 17358



ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA

FACULTA DE INGENIERIA QUIMICA y METALURGICA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGINIERO METALURGICO

TITULO:

**“VOLADURA Y PERFORACION DE MINERALES EN LA UNIDAD DE PRODUCCION
UCHUCHACUA DE LA COMPAÑÍA MINERA BUENAVENTURA S.A.A.”**

AUTORES:

NILTON GENERZON CORTEZ TORRES

ASESOR.

ING. JOSE ALONSO TOLEDO SOSA

HUACHO – PERU

2018

DEDICATORIA

Este informe es dedicado a mis Padres por el gran esfuerzo que hicieron para brindarme esta carrera profesional y espero retribuir todo lo que hasta ahora han hecho por mí.

AGRADECIMIENTO

Gracias a DIOS por permitirme vivir día a día, a las personas que me apoyaron durante mis estudios y al Ing. Jaime Sarco Yampasi por la oportunidad y apoyo brindado.

INDICE

RESUMEN DE LA TESIS	20
INTRODUCCION	21

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	22
1.2	FORMULACION DEL PROBLEMA	23
	1.2.1 Problema Principal	23
	1.2.2 Problemas Secundarios	23
1.3	OBJETIVOS DE LA TESIS	24
	1.3.1 Objetivo General	24
	1.3.2 Objetivos Específicos	24
1.4	HIPOTESIS	24
	1.4.1 Hipótesis General	24
	1.4.2 Hipótesis Secundarios	25
1.5	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	25
	1.5.1 Variable Independiente	25
	1.5.2 Variable Dependiente	25
1.6	JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	26
	1.6.1 Justificación	26
	1.6.2 Importancia	26

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	27
2.2	MARCO HISTORICO	27
2.2.1	Marco histórico sobre la Unidad de Producción Catuva.	27
	- Ubicación	27
	- Actividad Productiva	28
2.2.2	Marco histórico sobre Chancado y Molienda	29
2.2.3	Marco histórico sobre la Flotación	31
	- Circuito de Flotación Bulk Plomo – Cobre	31
	- Circuito de Separación Plomo – Cobre	32
	- Circuito de Flotación de Zinc	32
2.2.4	Marco histórico sobre el Espesamiento y Filtrado y I Relave	34
2.3	MARCO TEORICO	35
2.3.1	Marco Teórico de la Flotación Flash	35
	- Flotación Flash	35
	- Variables de la Flotación Flash	35
	- Finalidad de la Flotación Flash	36
	- Usos potenciales de una Flotación Flash	36
	- Beneficios que brinda la Flotación Flash	36
	- Parámetros de Operación de la Flotación Flash	37

- Consideraciones sobre el uso de una Celda de Flotación Flash	38
- Usos principales de la Flotación Flash	39
- Ventajas del uso de la Flotación Flash	39
- Desventajas del uso de la Flotación Flash	39
2.3.2 Marco Teórico sobre Ciencias Metalúrgicas Relacionadas con la Flotación Flash	40
- Mineralogía	40
- Granulometría	40
- Cinética de Flotación	41

CAPITULO III

MODELO PROPUESTO

3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	44
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION	44
3.3 TIPO DE INVESTIGACION	45
3.4 FINALIDAD DE LA INVESTIGACION	45
3.5 PROPOSITO DEL USO DE LA FLOTACION FLASH EN PROCESO METALURGICO POLIMETALICO ESTUDIO	45
3.6 CAUSAS QUE ORIGINAN BAJAS EN LA RECUPERACION DEL PLOMO	45
3.7 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION	47
3.8 APROBACION Y AUTORIZACION DE LAS PRUEBAS	47

CAPITULO IV

VALIDACION DEL METODO

4.1	CARACTERIZACION DEL MATERIAL A ESTUDIAR	48
	4.1.1 Mineralogía	48
	4.1.2 Granulometría	48
	4.1.3 Los ensayos Químicos	49
4.2	PRUEBAS DE LABORATORIO USANDO UNA CELDA DE FLOTACION CONVENCIONAL	49
	4.2.1 Procedimiento de Muestreo con uso de una Celda de Flotación en Laboratorio Standard	49
	4.2.2 Pruebas de Flotación en Laboratorio Standard	50
4.3	PRUEBAS METALURGICAS CON MALLAS VALORADAS EN LA SECCION MOLIENDA	51
4.4	PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL USO DE UNA CELDA DE FLOTACIÓN FLASH	56
4.5	PRUEBA EXPERIMENTAL DE LA FLOTACION FLASH COLOCADA EN EL UNDER FLOW DEL HIDROCICLON	58
4.6	ELECCION DE DE LA CELDA DE FLOTACION FLASH Y SU UBICACIÓN EN LA PLANTA CONCENTRADORA	67
	4.9.1 Elección de la Celda	67
	4.9.2 Ubicación en la Planta Concentradora	69

4.7	BENEFICIOS METALURGICOS DE LA APLICACIÓN DE UNA CELDA DE FLOTACION FLASH	71
4.10.1	Mejoras	71
4.10.2	Ventajas	71

CAPITULO V

PRESUPUESTO

5.1	INVESTIGACION Y PLANEAMIENTO	72
5.1.1	Investigación	72
5.1.2	Planeamiento	72
5.2	EQUIPAMIENTO Y MANTENIMIENTO	74
5.2.1	Equipamiento del Proyecto	74
5.2.2	Detalle por Costo por Operación y Mantenimiento	74
5.3	COSTO DE EJECUCION	75
5.3.1	Cálculo del Cronograma de Pagos de la Cadena	75
5.4	COSTO DE INVERSION APROXIMADO	77
5.5	COSTO BENEFICIO	77
5.5.1	Alternativa : CON CELDAS FLASH	95

CAPITULO VI

ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS

6.1	DE LA MUESTRA TOMADA DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL DE LA FLOTACION CINÉTICA EN EL UNDER FLOW DEL CICLON	79
-----	--	----

6.2	DE LA MUESTRA TOMADA DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL DE LA FLOTACION CINÉTICA COLOCADA EN EL ALIMENTO DEL HIDROCICLON	79
6.3	DE LA MUESTRA TOMADA DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL DE LA FLOTACION CINÉTICA COLOCADA EN LA DESCARGA DEL MOLINO DE BOLAS DE 7' X 8'.	79
6.4	DE LA MUESTRA TOMADA DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL DE LA FLOTACION CINÉTICA COLOCADA EN LA DESCARGA DEL MOLINO DE BOLAS DE 8' X 10'. (Punto N° 4)	80
6.5	ELECCION DE LA CELDA Y SU UBICACION EN LA PLANTA CONCENTRADORA	80
6.6	EVALUACION DEL PRESUPUESTO PLANIFICADO	81
6.7	EVALUACION DE LA INVERSION APROXIMADA	81
6.8	EVALUACION DEL COSTO BENEFICIO	81

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1	CONCLUSIONES	83
7.2.	RECOMENDACIONES	85
	- BIBLIOGRAFIA	86
	- GLOSARIO	87

LISTADO DE TABLAS

TABLA N° 01	: Gravedades específicas de sulfuros individuales	46
TABLA N° 02	: Malla Valorada en la Descarga del Molino de Barras 9' x 12'	52
TABLA N° 03	: Malla Valorada en la Descarga de los Molinos de Bolas 8' x 10' y 7' x 8'	52
TABLA N° 04	: Malla Valorada en el Underflow del Hidrociclón	53
TABLA N° 05	: Malla Valorada en el Feed del Hidrociclón	54
TABLA N° 06	: Cabeza analizada de la Prueba de Flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	58
TABLA N° 07	: Condiciones de la Prueba de Flotación Cinética De la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	58
TABLA N° 08	: Análisis Químico de los concentrados y relave Obtenidos de la prueba de flotación cinética de La muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	48
TABLA N° 09	: Ensayos Químicos Acumulados de los concentrados De la prueba de flotación cinética de la muestra Tomada del Underflow del Hidrociclón	49
TABLA N° 11	: Ensayos Químicos Acumulados de los Relaves de la prueba de flotación cinética de la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	60
TABLA N° 12	: Recuperaciones Acumuladas Reales de la prueba De flotación Cinética de la muestra tomada del	

	Underflow del Hidrociclón	50
TABLA N° 13	: Recuperaciones Acumuladas ajustadas al modelo Matemático de Klimpell, de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	61
TABLA N° 14	: Recuperaciones Acumuladas ajustadas al modelo Matemático Analógico, de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	63
TABLA N° 15	: Recuperaciones Acumuladas ajustada al modelo Matemático Agar y Barret, de la prueba de flotación Cinética, de la muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	52
TABLA N° 16	: Composición química del mineral de cabeza de la Prueba de flotación cinética, de la muestra tomada Del Underflow del Hidrociclón, considerando la Fracción mayor a 600 micrones	66
TABLA N° 17	: Leyes de Concentrado, Relave y Recuperación, Proyecto para una celda de flotación rápida, Ubicada en el Underflow del Hidrociclón	66
TABLA N° 18	: Cabeza analizada de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del feed del Hidrociclón	67
TABLA N° 19	: Condiciones de la prueba de flotación cinética De la muestra tomada del feed del Hidrociclón	73

TABLA N° 21	: Costos por Operación Anual	75
TABLA N° 21	: Costos por Mantenimiento Anual	75
TABLA N° 22	: Costo de Equipamiento a invertir	75
TABLA N° 23	: Datos de Costo de la Celda SK – 240	76
TABLA N° 24	: Datos para Cronograma de pagos	76
TABLA N° 25	: Cronograma de Pagos	76
TABLA N° 26	: Balance Metalúrgico Sin Celda Flash	77
TABLA N° 27	: Precio de los Metales	77
TABLA N° 28	: Cuadro de Flujo de Caja y Flujo Operativo	86

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N° 01	: Plano de Ubicación y Accesibilidad a la Planta Concentradora catuva)	28
FIGURA N° 02	: Puntos de Operación de una Celda de Flotación Rápida	37
FIGURA N° 03	: Flowsheet de Mallas Valoradas de la Sección Molienda	55
FIGURA N° 04	: Diagrama de Puntos de muestreo de la Sección Molienda	57
FIGURA N° 05	: Cinética Real Pb – Cu – Zn – Fe de la prueba de Flotación Cinética, de muestra tomada del Underflow del Hidrociclón	53
FIGURA N° 06	: Cinética del Plomo Real y ajustada a los modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret, De la prueba de Flotación Cinética, de la muestra Tomada del Underflow del Hidrociclón	60
FIGURA N° 07	: Cinética Real Pb – Cu – Zn – Fe de la prueba de Flotación Cinética, de muestra tomada del Feed del Hidrociclón	68
FIGURA N° 08	: Cinética del Plomo Real y ajustada a los modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret, De la prueba de Flotación Cinética, de la muestra tomada del Feed del Hidrociclón	69
FIGURA N° 09	: Cinética Real Pb – Cu – Zn – Fe de la prueba de Flotación Cinética, de la muestra tomada de la Descarga del Molino de Bolas 7' x 8'	70
FIGURA N° 10	: Cinética del Plomo Real y ajustada a los modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret, De la prueba de flotación Cinética, de la muestra Tomada de la descarga del Molino de Bolas 7' x 8'	72
FIGURA N° 11	: Cinética Real Pb – Cu – Zn – Fe de la prueba de Flotación Cinética, de la muestra tomada de la	

	Descarga del Molino de Bolas 8' x 10'	80
FIGURA N° 12	: Cinética de Plomo Real y ajustada a los modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret, De la prueba de Flotación Cinética, de la muestra Tomada de la descarga del Molino de bolas 8' x 10'	81
FIGURA N° 13	: Factor metalúrgico de la pruebas de Flotación Cinética	84
FIGURA N° 14	: Ubicación de la Celda de Flotación Rápida en la Planta Concentradora	85

NOMENCLATURAS

C	=	Concentración
Co	=	Concentración Inicial
Ct	=	Concentración después de un tiempo t
D	=	Diferencial
dC	=	Diferencial de la Concentración
dt	=	Diferencial de Tiempo
e	=	Numero Neperiano (2.7182)
exp	=	Exponencial
f	=	Función
f(C)	=	Función de Concentración C
K	=	Constante Cinética
KC	=	Constante Cinética multiplicada por la concentración
Kt	=	Constante Cinética multiplicada por el tiempo
R	=	Recuperación
t	=	Tiempo

RESUMEN DE LA TESIS

Los resultados generales obtenidos de las Pruebas Experimentales con el uso de adecuado del circuito de molienda, en la Unidad de Producción Catuva (Planta Concentradora), de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A., trabajando con el “Alimento del Hidrociclón” (Feed del Hidrociclón), logró obtener leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 56.53 % y 745.9 g/t; y Recuperaciones de 81.9 % y 71.9% respectivamente.

La Ubicación de la Celda Flash SK-240, fue en la DESCARGA DE LOS DOS MOLINOS DE BOLAS 7'x 8' y 8'x 10' y consistió en Captar la descarga de dichos molinos con una Bomba HM-150 (y otra en stand By) y alimentar a la Celda SK-240; Las espumas de esta Celda irán por gravedad directamente al Concentrado final; y, el Relave por gravedad se juntará con la descarga del Molino de Barras de 9'x12'; y, ésta Pulpa será bombeada a los Hidrociclones.

“Los finos del OverFlow serán el Alimento al Circuito de Flotación Bulk y los Gruesos del UnderFlow, serán la carga de los molinos de Bolas 7'x 8' y 8'x 10'.

El Uso de una Celda de Flotación Rápida (Celda Flash SK-240), en la Unidad de Producción Catuva, permitió Optimizar el proceso metalúrgico polimetálico en favor de la Planta Concentradora de la Compañía Minera Raura S. A., porque minimizó la Sobre molienda de los minerales valiosos; permitió obtener Concentrados de alta Ley, recuperados en una sola etapa; Hubo recuperación de una considerable cantidad de minerales valiosos; Los Concentrados de Gruesa Granulometría no fueron fáciles de Filtrar; Disminuyó los desplazamientos del Plomo hacia el concentrado de Cobre; Mejoró la metalurgia del Plomo, captando o separando el Plomo, antes de sufrir una

Sobre molienda; Disminuyó la Humedad del Concentrado de Plomo, que originaba altas pérdidas por mermas; y, Disminuyó el Consumo de Bicromato de Sodio, para evitar la Contaminación del Medio Ambiente.

El Uso de la Celda de Flotación Flash SK-240, en la Compañía Minera Buena Ventura., le resultará bastante rentable, y le permitirá una óptima producción y rápida recuperación de la Inversión.

PALABRAS CLAVES; Chancado, Molienda, Relave, Ensayos Químicos, La Granulometría, En Caja En Veta, Voladura, Perforación.

SUMMARY OF THE THESIS

The general results obtained from the Experimental Tests with the use of an adequate grinding circuit, in the Catuva Production Unit (Concentrator Plant), of Compañía Minera Buenaventura SAA, working with the "Hydrocyclone Food" (Hydrocyclone Feed), managed to obtain grades in the Lead and Silver Concentrate of 56.53% and 745.9 g / t; and Recoveries of 81.9% and 71.9% respectively.

The location of the Flash Cell SK-240, was in the DISCHARGE OF THE TWO MOLINES OF BALLS 7'x 8 'and 8'x 10' and consisted of capturing the discharge of said mills with a Bomb HM-150 (and another one in stand By) and feed the SK-240 Cell; The foams of this Cell will go by gravity directly to the final Concentrate; and, the Relave by gravity will join with the discharge of the Bar Mill of 9'x12 ' ; and, this Pulp will be pumped to the Hydrocyclones.

"The OverFlow fines will be the Bulk Float Circuit Food and the UnderFlow Thicknesses, will be the charge of the 7'x 8 'and 8'x 10' Ball Mills.

The use of a Rapid Flotation Cell (Flash Cell SK-240), in the Catuva Production Unit, allowed Optimizing the polymetallic metallurgical process in favor of the Concentrator Plant of the Minera Raura SA, because it minimized the over milling of the minerals valuable allowed to obtain Concentrates of high Law, recovered in a single stage; There was recovery of a considerable amount of valuable minerals; Concentrates of coarse granulometry were not easy to filter; Decreased the displacements of the Lead to the copper concentrate; Improved lead metallurgy, capturing or separating lead, before suffering a

On grinding; The humidity of the Lead Concentrate decreased, which caused high loss losses; and, Consumption of Sodium Bichromate Decreased, to avoid Environmental Pollution.

The use of the Flotation Cell Flash SK-240, in the Mining Company Buena Ventura., Will be quite profitable, and will allow an optimal production and rapid recovery of the investment.

KEYWORDS; Crushing, Grinding, Tailings, Chemical Tests, Granulometry, In Box In Vein, Blasting, Drilling.

INTRODUCCION

La Compañía Minera Buenaventura S.A.A., es una empresa polimetálica (Pb, Cu, Zn y Ag), y cuenta con una planta Concentradora y con cuatro unidades de producción que son Catuva, Esperanza, Hadas y Gayco (Unidad de Producción Catuva), donde el Proceso metalúrgico, es realizado mediante el empleo del Método de Flotación Convencional, el mismo que ha venido suscitando algunas desventajas en el procesamiento de los minerales explotados por la empresa minera.

El Presente Trabajo de Investigación, titulado como BALANCE DE MATERIA DEL CIRCUITO DE MOLIENDA EN LA COMPAÑÍA Minera Buenaventura S.A.A. 2015 (Flotación Rápida), va a constituir una nueva Aplicación y Herramienta eficaz para el proceso de Mejoramiento y eficiencia de la Planta Concentradora polimetálica Catuva, donde existe diferentes gravedades específicas por cada especie mineralógica y donde el Plomo generalmente sufre sobre molienda por su mayor tiempo de Residencia. Recirculando en el Under Flow del Hidrociclón (U/F), los cuales convierten posteriormente en pérdidas metálicas de Valores.

Mediante la aplicación del Método de Flotación Rápida (Flotación Flash), en la Unidad de Producción Catuva, será objetivo principal de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A., que se capte o se separe el Plomo, tan pronto el proceso lo permita y así obtener las Ventajas y beneficios que brinda la Celda de Flotación Rápida en la minería polimetálica.

La contaminación ambiental es una problema que compete a todos, debido a que el ser humano es uno de los actores del ambiente y es un derecho de vivir en un ambiente saludables, es por ello que en el presente proyecto se propone un diagnostico ambiental que servirá como base para la identificación de los aspectos ambientales más significativos que permitirá adoptar las medidas más adecuadas para la prevención. Corrección y mitigación de los impactos que ocasionan las plantas concentradoras de minerales.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La Compañía Minera Buenaventura S.A.A., es una Empresa Polimetálica, que tiene una Unidad de Producción Catuva, donde se encontró que existía una notable segregación en la Molienda de los Sulfuros, originando que los diferentes minerales sean molidos en diferentes grados y de manera no controlada.

La Galena o esferita (Sulfuro de Plomo) y freibergita, ha sido ratificada como el sulfuro más friable en los componentes de ésta mina por ser enteramente polimetálica, ya que se ha detectado que comúnmente es el Sulfuro que pasa con mayor facilidad a formar parte de las Mallas finas.

Por lo indicado, un gran porcentaje de pérdidas de Plomo ocurre en las mallas finas, lo cual se explica mediante el fenómeno de la segregación en la Clasificación, es decir, la enorme diferencia que existe entre la Densidad Compósito del mineral, que en nuestro caso es de 3.43 y la Densidad de la Galena que es 7.58; lo que constituye la razón principal para que se originara sobre molienda del plomo, lo cual afectaba la flotabilidad desplazándose en promedio 13.0 % al concentrado de Cobre (Cu); 1.80% en promedio al concentrado de Zinc (Zn); y, hasta 0.30% en promedio al Relave Final.

Bajo las consideraciones anteriores se propuso realizar Análisis Granulométricos en el Área de Molienda – Clasificación, iniciando en el Feed del Hidrociclón (Producto de descarga de los Molinos Primario de Barras 9 x 12 y los Secundarios de Bolas 8 x 10 y 10x 12); y se encontró que entre el 48 y 50 % del Plomo Fino (49.89%) se encontraba en la Malla –M 200 Passing; Los cuales se consideran como “Elementos metálicos liberados y listos para flotar” y ésta fue precisamente la causa para que éstos incrementaran su contenido metálico en el Under Flow del

Hidrociclón U/F, retornando como carga circulante a los molinos secundarios de bolas 8 x 10 y 7 x 8.

Un análisis aparentemente insignificante y con el cual se trabaja en el mundo minero, ha originado consecuencias como las que se señalan a continuación:

- 1.1.1 Bajas recuperaciones por pérdida de Plomo (Pb) sobre molido.
- 1.1.2 Deterioro del grado del concentrado de Cobre (Cu), por alto desplazamiento de Plomo (Pb).
- 1.1.3 Penalidades aplicadas en la Comercialización del Concentrado de Cobre (Cu), por altos desplazamientos de Plomo (Pb).
- 1.1.4 Alta humedad del Concentrado de Plomo (Pb), que originaban altas pérdidas por mermas.
- 1.1.5 Incremento del consumo de Bicromato de Sodio, por la generación de mayores áreas superficiales, el cual es un contaminante del Medio Ambiente.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema Principal.

¿En qué medida, el uso adecuado del circuito de molienda, puede permitir la optimización de la Unidad de Producción Catuva, en la planta de Beneficio de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.?

1.2.2 Problemas Secundarios.

- a. ¿De qué manera, la instalación de la Celda de Flotación Flash, logrará optimizar la metalurgia del Plomo en la Unidad de Producción Catuva, de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.?

- b. ¿En qué porcentaje, se puede aminorar los desplazamientos del Plomo hacia el Concentrado de cobre, mediante el uso adecuado del circuito de molienda, en la Unidad de producción Catuva, de la Compañía Minera Raura S.A.?

- c. ¿Cuál es el porcentaje, de disminución de Humedad del Concentrado de Plomo, mediante el uso adecuado del circuito de molienda en la Unidad de producción Catuva, de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.?

1.3. OBJETIVOS DE LA TESIS.

1.3.1 Objetivo General.

Optimizar y mejorar la Flotación Convencional de la Unidad de Producción (Planta Concentradora), de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A., mediante el uso adecuado del circuito de molienda.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- a. Disminuir las pérdidas de Plomo (Pb) por sobre molienda, mejorando la calidad del concentrado.

- b. Reducir los desplazamientos del Plomo (Pb) hacia el concentrado de Cobre (Cu).

- c. Disminuir la Humedad del Concentrado de Plomo (Pb), que originaban altas pérdidas por Mermas.

1.4. HIPOTESIS DE LA TESIS

1.4.1 Hipótesis General.

Si la Unidad de Producción Catuva, hace uso adecuado del circuito de molienda en sus operaciones, entonces, logrará la optimización en la planta de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.

1.4.2 Hipótesis Secundaria.

Existe diferencia significativa en el nivel del porcentaje de contenido de cobre en el concentrado obtenido entre el Proceso Normal y el Proceso Propuesto, mediante la confirmación cuantitativa y de certeza utilizando los análisis químicos - metalúrgicos.

1.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

1.5.1 Variable Independiente.

X = "Uso adecuado del circuito de molienda"

Indicadores:

X1 = Celda Flotación Flash

X2 = Unidad de Producción Catuva

1.5.2 Variable Dependiente.

Y = "Optimización de la Unidad de Producción Catuva"

Indicadores:

Y1 = Optimización

Y2 = Compañía Minera Buenaventura S.A.A.

1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.

1.6.1 Justificación.

Los motivos y causas que dieron origen a realizar el presente Estudio de Investigación, es que la Compañía Minera Buenaventura S.A.A., tiene una Unidad de Producción Catava (Planta Concentradora), donde se efectúa un procesamiento de Minerales Polimetálicos de Plomo (Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn), y Plata (Ag) por Flotación, razón por el cual se consideró Estudiar e Investigar haciendo uso de una Flotación Rápida de valores de Plomo en el propio circuito de Molienda – Clasificación, de manera que los Circuitos de Flotación posteriores queden habilitados para generar un Bulk de Plomo – Cobre, con menor contenido de Plomo y enriquecido en Cobre, obviamente con un menor consumo de Bicromato de Sodio en la etapa de separación Plomo (Pb) – Cobre (Cu), (Depresor de Galena), reactivo que es extremadamente dañino al Medio Ambiente, mejorando el FACTOR METALURGICO de la Operación Metalúrgica Total de la Planta Concentradora.

1.6.2 Importancia.

El presente Trabajo, es importante porque los resultados de la investigación permitirán la aplicación de los mismos en la Unidad de Producción Catava (Planta Concentradora) de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A., para lograr atenuar el efecto de las cargas circulantes y presentar resultados económicos – metalúrgicos favorables, además de que éste estudio pueda servir de referencia para algunas plantas concentradoras que todavía tienen dudas sobre la FLOTACION RAPIDA DE GALENA, en el propio Circuito de Molienda – Clasificación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

Para la realización del presente Trabajo de Investigación, ha requerido que se efectúe una revisión de diferentes informaciones y experiencias realizadas sobre el tema, con la finalidad de obtener una información histórica o presente, que permita un replanteamiento del trabajo, en caso hubiera una similar o parecida, sobre los diferentes aspectos relacionados al uso de las Celdas de Flotación Flash, en la planta concentradora (Unidad de Producción Catuva) del la Compañía Minera Buenaventura S.A.A..

No existiendo antecedentes más próximos de investigaciones de ésta índole en la planta concentradora (Unidad de Producción Catuva) del la Compañía Minera Raura S. A., se ha establecido que con respecto al tema materia de Investigación, no existen Estudios o trabajos que hayan sido tratados en el contexto de la realidad planteada, por lo cual se considera que el Presente Trabajo de Investigación, reúne las condiciones Temáticas y Metodológicas suficientes para ser considerado como una “Investigación Inédita” en la planta concentradora (Unidad de Producción Catuva) de la Compañía Minera Raura S. A.

2.2 MARCO HISTORICO

2.2.1 Marco Histórico Sobre la Unidad de Producción Catuva.

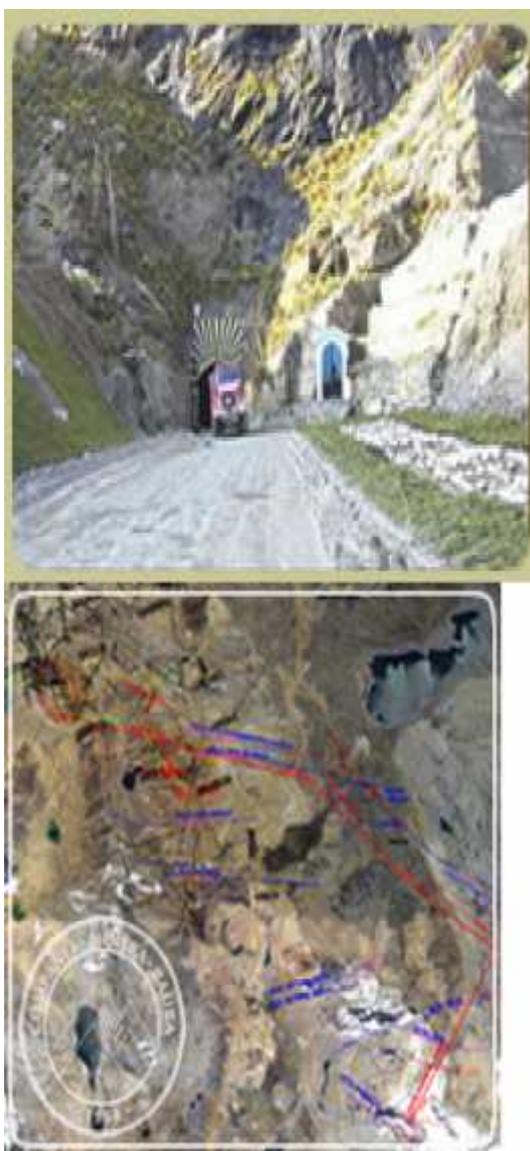
Ubicación.

El yacimiento Minera Buenaventura S.A.A. se encuentra ubicado en la cumbre de la Cordillera Occidental, en el Distrito de San Miguel de Cauri, Provincia de Lauricocha, en el Departamento de Huánuco.

El acceso a la mina tomando como punto de origen la Ciudad Capital de Lima es por ruta: Lima – Huacho – Sayán – Churin – Ayón; desde este último punto se llega a la mina después de dos horas de viaje aproximadamente.

Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

LATITUD: 10° 26' 30" y LONGITUD: 76° 44' 30", Su altura se encuentra a 4.800 msnm con glaciares que alcanzan los 5.700 msnm; la topografía es abrupta con valles y glaciares, abundantes lagunas.



(Fig. N ° 01: Plano de Ubicación y Accesibilidad a la Planta Concentradora Catuva).

Actividad Productiva.

Cía. Minera Buenaventura S.A.A. A. debido a la complejidad del mineral extraída de mina ha optimizado la performance metalúrgica de la flotación, con buenos resultados incrementando el valor del mineral y reduciendo significativamente el consumo de reactivos, entre otros.

Algunos de nuestros logros que convierten a esta Planta en una de las Plantas de más alto grado de optimización son: Introducir por primera vez en el Perú, un nuevo método y circuito de flotación de Zinc en la Planta Concentradora, eliminando el relave de la primera limpieza como relave final, lo cual significó la apertura de una puerta para el rechazo de pirita, la que normalmente era reciclada y retornaba a las desbastadoras de Zinc obteniéndose una mejora excelente en los resultados metalúrgicos. Se subió el grado del concentrado de Zinc mayor a 57% manteniendo una recuperación superior a 87.8% para una ley de cabeza de 3.7%.

2.2.2 Marco histórico sobre Chancado y Molienda

Chancado:

El Circuito de Chancado es abierto y tiene una capacidad promedio de 150 TM/hr. se realiza en dos etapas:

Chancado Primario y Chancado Secundario.

En el Chancado Primario, El over size de la zaranda 5 x 12 N° 1 es alimentado a la chancadora Symons 5½. Esta chancadora está graduada a un set de 1½". El tamaño promedio del producto es de 1 ¾". Este producto llega hasta la tolva de paso mediante las fajas transportadoras N° 5, 6 y 6A de 24", 36" y 36" de ancho. El mineral de la tolva de paso se extrae mediante los alimentadores vibratorios

N° 1 y 2 y mediante las fajas transportadoras N° 8 y 8A de 24" de ancho, se alimentan a las zarandas vibratorias Tyrock 5 x 12 N° 2 y a la zaranda 4 x 12. Estas zarandas son de piso simple y están equipados con malla metálica de ½" x 5" de abertura. El under size pasa a las tolvas de finos y el over size constituye la alimentación de la etapa del chancado secundario.

En el Chancado Secundario, El over size de las zarandas vibratorias Tyrock N° 1 y zaranda Allis Chalmes 4 x 12, con un tamaño promedio de 1 3/4" se alimentan a las chancadoras Symons 5100 mm (Madrigal) y chancadora Symons 5100 (Minsur).

Estas chancadoras estén graduadas a 7/16" de abertura de descarga y dan un producto promedio de entre ½ a 3/4". Estos productos mediante las fajas transportadoras N° 5A y 5B descargan en la faja N° 6, juntándose con el producto del chancado secundario. Las fajas transportadoras N° 8 y 8A extraen el mineral de la tolva de paso y cierran el circuito.

El producto final del circuito de chancado tiene un tamaño promedio de ½ a 3/4". Mediante las fajas transportadoras N° 8B, 8E, 11, 11Aa y 11B se alimentan a dos tolvas de finos de 1000 TM y 1500 TM de capacidad.

Para eliminar las partículas finas (polvo) que se produce en las etapas de chancado primario y secundario se tienen instalados dos (2) extractores de polvo, mejorando con ello el ambiente para nuestros trabajadores.

Molienda:

La Molienda en este Circuito se realiza a través de la Molienda Primaria y la Molienda Secundaria.

La Molienda Primaria, Se realiza en el Circuito del molino 8'x10'A y el Circuito del molino 8'x10'B que trabajan en paralelo.

- **CIRCUITO A:** El mineral es extraído de la tolva de finos de 1500 TM a través de las fajas transportadoras N°12 y N°13 de 36" de ancho y es alimentado al molino 8'x10'A a través de la faja transportadora N°14 de 36" de ancho a razón de 50 TMH/hora. El control del tonelaje horario se realiza a través de la balanza Ronan de 70 TM de capacidad.
- **CIRCUITO B:** mediante las fajas transportadoras N°17 y N°18 de 36" de ancho se extrae el mineral de la tolva de finos de 1000 TM y con las fajas transportadoras N°19 y N°20 de 24" de ancho se alimenta el mineral al circuito del molino 8'x10'B a razón de 50 TMH/hora. El control del tonelaje horario se realiza a través de una balanza de celda de carga Thermo Ramsey de 70 TM de capacidad.

La descarga del molino 8'x10' A alimenta al cajón de la bomba Denver 10"x8" (1 y/o 2), a la vez la descarga del molino 8'x10' B descarga en la celda unitaria SK 240 N° 3 ,las espumas de esta pasan a formar parte del concentrado final de Pb y el relave de este pasa a también al cajón de la bomba Denver 10"x8" (1 y/o 2) y esta a su vez, se clasifica en un ciclón Krebs D-20 f N°1. El over flow del ciclón D-20 f N°1 pasa a la celda unitaria de flotación SK 240 N° 1, las espumas de este pasan a la tercera limpieza de Cu, y el relave pasa a la celda OK 8 ROUGHER BULK.

La Molienda Secundaria, El under flow de los ciclones D-20 N° 1 y N° 2, es alimentado al molino Comesa 8'x8'B. La descarga de este molino alimenta a la celda Unitaria SK 240 N° 2, las espumas de esta pasan a formar parte del concentrado final de Pb y el relave pasa al cajón de la bomba Denver 10"x8" (1 y/o 2) (una en stand by de la otra) que cierran el circuito con la clasificación en los ciclones D-20 f N°1 Y/O N°2

2.2.3 Marco Histórico sobre la Flotación.

La sección flotación consta de tres circuitos:

- A. Circuito de flotación bulk cobre-plomo
- B. Circuito de separación cobre-plomo y
- C. Circuito de flotación de zinc.

:

Circuito de Flotación Bulk Plomo – Cobre:

La pulpa preparada en el circuito de molienda a una densidad de 1450 gr/l y con 48% de sólidos pasa al circuito de flotación bulk Cu-Pb.

El 100% del over flow procedente del circuito de molienda, con una granulometría promedio de (51% -200 mallas), se alimenta al banco Rougher bulk N°1.

El relave de esta celda se envía al circuito remolienda mediante las bombas 12"x10", previa clasificación en el ciclón D-20 f N°3 y/o N°4 Krebs.

El under flow ingresa a los molinos de remolienda 8'x8'A y 8'x8'C Allis Chalmers. La descarga de este molino, conjuntamente con el relave del banco Rougher bulk Cu-Pb N°1 son enviados a los ciclones en circuito cerrado a través de la bomba Denver SRL 12"x10".

El over flow de los ciclones D-20 f N°3 ó N°4 ingresa por gravedad a la etapa de flotación Rougher bulk Cu-Pb N°2, formado por una Celda Tanque Outokumpu OK-30 N°2. El relave de esta celda pasa por gravedad a la etapa de flotación scavenger bulk Cu-Pb conformada por dos bancos de celdas outokumpu OK-8, y

finalmente el relave del último banco pasa, también por gravedad, a la etapa de flotación de zinc. El concentrado scavenger bulk Cu-Pb es enviada al banco "B" de la primera limpieza bulk a través de una bomba vertical Galligher 2 ". El concentrado del Rougher bulk Cu-Pb N°1 es enviado mediante bombeo a la segunda limpieza bulk Cu-Pb y el concentrado del Rougher bulk N°2 mediante gravedad a la segunda limpieza bulk Cu-Pb.

Circuito de Separación Plomo – Cobre

Las espumas de la última limpieza de las celdas DENVER Sub A Nro. 24 (50 ft³) entran a un banco de 08 Celdas DENVER Sub A Nro. 24 para la separación del Plomo (Pb).

– Cobre (Cu).

La separación se efectúa deprimiendo el Plomo y flotando el Cobre, el Plomo se deprime con una solución de Bicromato de Sodio, Carboximetil Celulosa de Sodio (CMC), Fosfato Mono Sódico y Carbón activado, las espumas ricas en Cobre entran a limpiarse a un banco de 02 Celdas DENVER Nro. 18 (18 ft³). El Concentrado de la segunda celda es el Concentrado final de Cobre (24 % Cu) y el relave final de todo éste circuito es el concentrado final de Plomo (64 % Pb).

Circuito de Flotación de Zinc.

Esta pulpa ingresa por gravedad a un acondicionador 8'x8' N°1 donde es acondicionada con sulfato de cobre, luego la pulpa ingresa a otro acondicionador 8'x8' N°2 donde se acondiciona con cal. La descarga del acondicionador es llevada a través de las bombas Denver SRL 10" x8" N°3 y N°17 hasta un acondicionador 11'x11' y la descarga va a una celda tanque OK-30-TC N°1 de 1000 pies cúbicos. El relave de esta celda pasa a un banco de 3 celdas OK-8 de 300 pies cúbicos cada una, constituyendo este banco la etapa de flotación rougher Zn N°2. La descarga de este banco ingresa por

gravidad a la etapa de flotación Scavenger Zn, conformada por 3 celdas Outokumpu de 300 pies cúbicos, siendo esta etapa de flotación rougher Zn N°3. Finalmente, el relave del banco rougher Zn N°3 ingresa por gravedad a la etapa de flotación rougher de 3 celdas Outokumpu de 300 pies cúbicos. El relave de esta etapa es el relave final y es enviada a la cancha de relaves de Nieveucro mediante bombeo.

El concentrado scavenger de Zn (rougher N°4) retorna por gravedad al acondicionador 8'x8' N°2.

El concentrado rougher Zn se limpia en 3 etapas:

Primera Limpieza de Zn.- El concentrado rougher Zn de la celda OK-30TC N°1, por gravedad, mas los concentrados rougher Zn N°2 y N°3 que son bombeados por las bombas Denver SRL 5'x4' N°1 y 5'x5' N°3 ingresan a una celda OK-30TC N°1 que es la primera etapa de limpieza Zn.

Segunda y tercera limpieza de Zn.- El concentrado de la etapa de primera limpieza de Zn es enviado por gravedad a un banco de 6 celdas Agitair N° 48, la segunda etapa de limpieza de Zn, y el concentrado de esta etapa pasa por gravedad a la tercera etapa de limpieza de Zn en un banco de 4 celdas Agitair N°48. El concentrado de esta etapa es el concentrado final de Zn. El relave de la tercera limpieza de Zn retorna a la alimentación de la segunda limpieza de Zn mediante una bomba vacseal 4"x3" y su stand by, una vacseal 2"x1 1/2".

El relave de la primera limpieza de Zn (Celda OK-30 TC N°3) por gravedad se alimenta a un banco de 10 celdas Agitair N°48 siendo esta la etapa de scavenger de primera limpieza de Zn, y el relave de este banco será el relave final del circuito abierto de la flotación Zn.

2.2.4 Marco Histórico sobre el Espesamiento, Filtrado y Relave.

Espesamiento y Filtrado:

La Etapa de Espesamiento para el concentrado de Plomo cuenta con 01 Espesador de 18' x 8'; y para el Filtrado un filtro de discos de 6' x 3' que descarga un producto con 9.0% de agua promedio. El O/F tiene un pH de 7 – 7.5 y descarga a las cochas de recuperación. Para el Espesamiento del Zinc, se cuenta con 02 espesadores, el primero de 30' x 10' y el segundo de 50' x 10'; y el Filtrado se realiza en 02 filtros de discos de 6' x 7" que descarga un producto con 10.5 % de agua promedio. El O/F de ambos espesadores tienen un pH 12 – 12.5; el Over del Espesador Nro. 1 descarga en el Espesador Nro 2 y el Overflow de éste descarga en la cancha auxiliar, luego de este punto son bombeados a la cancha de relaves 3.

Relave.

El Relave generado en la Planta es bombeado a través de 02 Bombas HR – 150, instaladas en serie hacia un Nido de 4 Ciclones Krebs de 10 " en la parte alta de la Planta, el U/F' es almacenado en dos silos para ser utilizado en la mina, en el relleno Hidráulico de los tajos. El O/F' se envía por gravedad a través de una tubería de Polietileno de 10" de diámetro de alta densidad hacia un cajón distribuidor en la parte alta, lado noroeste de la cancha de relave Nro. 3; éste cajón tiene un tubo de rebose de 10" y 5" descargas laterales con tubería de 4" de polietileno que permiten descargar controladamente el relave en el perímetro de los diques de la relavera.

El agua decantada es drenada por 2 Quenas de Concreto, que unidas en su base por una tubería de fierro de 8" transporta el agua clara a una caja registro de concreto que alimenta a un tanque donde se encuentra una bomba Hidrostral de 100 HP, que recircula el agua hacia la Planta Concentradora a través de una tubería de 4"

de polietileno; ésta agua es utilizada en el circuito de Molienda y Flotación.

Al costado del tanque de agua para la recirculación existen 3 pozas de contingencia que permiten Sedimentar los sólidos. El Nivel de los Sólidos en el perímetro de las Quenas se controla con costales de polietileno; conforme sube el nivel, se van cerrando las tapas de las Quenas y se Impermeabiliza con los costales. La estabilidad de los Diques se tiene controlada con 9 piezómetros instalados: 03 en el Dique del Oeste; 03 en el Dique del Este y 03 en el Dique Central.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 Marco Teórico de Flotación Flash.

Flotación Flash.

Es un método descrito como el Flash Flotación que significa Flotación Rápida, y que consiste en la flotación instantánea de partículas valiosas desde un circuito de Molienda – Clasificación.

El Concepto de Flotación Flash, se basa en una Celda de flotación especial instalada en el circuito de molienda, la que procesa el material grueso que tradicionalmente es retornado desde el underflow del Hidrociclón directamente al molino.

Las celdas de Flotación Flash, disminuyen la sobre molienda a través de una flotación muy selectiva. Esta Flotación selectiva debe ser evaluada en el Underflow del Hidrociclón y, en las descargas de los Molinos Primarios y Secundarios en el Circuito de Molienda – Clasificación; es decir, la idea es la de captar o separar en éste caso el Sulfuro de Plomo (Galena), tan pronto el proceso lo permita.

Variables de Flotación Flash

- a. Recuperación del proceso entre 40 % - 60 %
- b. Tamaño de 350 micrones.

- c. Celdas Dimensionales: Las celdas son dimensionadas en función de su tonelaje de alimentación y normalmente opera con el flujo de la carga circulante dentro del circuito de molienda.
- d. Capacidad: De 15 a 2400 TPH.
- e. Densidad recomendable es de 1800 gr/lit;

Finalidad de Flotación Flash.

Como método la Flotación Flash, en su aplicación constituye una herramienta, que sirve para el Proceso de Optimización de Plantas Concentradoras Polimetálicas, donde tienen diferentes gravedades específicas por cada especie mineralógica, y donde el Sulfuro de Plomo (Galena), generalmente sufre sobremolienda por su mayor tiempo de residencia recirculando en el Underflow del Hidrociclón, los cuales se convierten posteriormente en pérdidas metálicas de valores.

Usos Potenciales de una Celda de Flotación Flash.

El uso de una Celda de Flotación Flash, puede facilitar cuando:

1. Distintos tipos de minerales presentes en algunas actividades productivas, presentan diferencias entre su gravedad específica y los posibles tamaños de liberación.
2. En minería de Polimetálicos, donde se pueden extraer minerales como Plomo (Pb), donde la diferencia de densidad es notable, siendo posible realizar Flotación Flash de Plomo para evitar sobre moliendas.
3. En la Mineralización, donde se encuentran minerales como el Cobre (Cu) y Oro (Au). Donde el último por la diferencia de densidad y diferencia en tamaño de liberación pueda separarse mediante Flotación Flash.

Beneficios que brinda la Flotación Flash.

1. Brinda menor remolienda de valores.
2. Incremento de La Recuperación típica.
3. Mejor humedad de concentrados.

Parámetros de Operación:

El funcionamiento de la Celda de Flotación Flash, inicia cuando ésta es Alimentada con Pulpa, la cual es de una Granulometría gruesa (Tamaño de 350 micrones), de manera que las partículas más gruesas que no pueden flotar son descargadas, evitando su arenamiento.

El Nivel de Pulpa es medido y controlado de manera automática conjuntamente con una válvula de descarga que permite que en la celda exista una buena mezcla de la Pulpa.

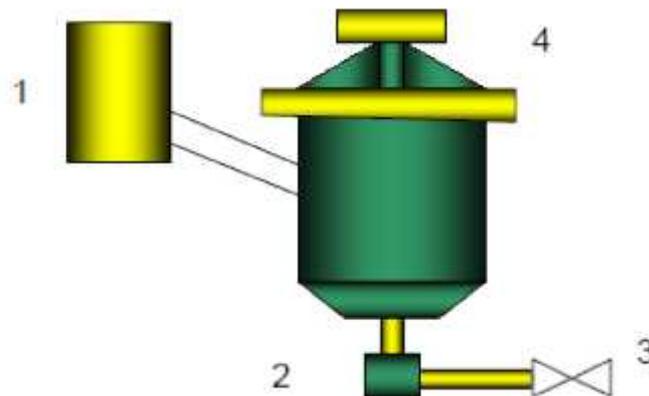


Fig N°02 : Puntos de Operación de una Celda de Flotación Rápida

Los Parámetros que más influyen en la Operación de una Celda de Flotación Rápida, son los siguientes:

1. El cajón de alimentación a la Celda de Flotación Rápida debe ser de un Volumen adecuado, de manera que éste permita disminuir las fluctuaciones de flujo debido a las variaciones de la carga circulante.

La alimentación de la Pulpa del cajón hacia la Celda de Flotación Rápida se produce mediante una placa de alimentación ajustable de manera que el flujo alimentado a la Celda sea lo más constante posible.

2. En la descarga de la Celda, antes de la válvula de control automático debe colocarse también un cajón que permita disminuir las fluctuaciones de flujo producto de la corrección de pulpa a cargo del Sensor de nivel.

3. La válvula Pinch ubicada en la parte inferior del tanque, es empleada para el control de Nivel de la Pulpa. La Válvula opera por un actuador neumático. Cuando es fijado en el modo automático, el controlador realiza un control automático de la posición de la válvula de acuerdo al nivel de pulpa medido en el tanque.

4. Control de Nivel de Pulpa, la cual tiene relación directa con la operación de la válvula automática de la descarga de la Celda.

Para la alimentación de Pulpa hacia la Celda de Flotación Rápida, la densidad recomendable es de 1800 gr/lt; y, la dosificación de Reactivos debe ser en cantidades controladas.

Consideraciones sobre uso de la Flotación Flash:

El Método de Flotación Flash (Flotación Rápida), debido al corto tiempo de residencia requerida, presentan innovaciones importantes a tener en cuenta, como:

- a. Es posible flotar un concentrado de ley final a partir del Underflow del ciclón o de la descarga de los molinos Secundarios, obteniendo una buena recuperación.
- b. Flotar Minerales valiosos en el Circuito de Molienda, para evitar la sobremolienda y producir concentrados gruesos, fáciles de

filtrar, que es una manera eficaz de aumentar la Rentabilidad de las concentradoras de hoy en día.

c. El método Flotación Flash, disminuye las variaciones de las Leyes del mineral de alimentación y junto con una alta recuperación posibilita la disminución del volumen del circuito de flotación Convencional.

d. La estructura de una maquina de flotación especial demostró ser eficiente en una Operación Continua, capaz de tratar material grueso en densidades de pulpas altas (como las descargas de los molinos Primarios o Secundarios), sin originar avenamiento.

Usos Principales de las Celdas de Flotación Flash.

El Método de las Celdas de Flotación Flash, principalmente son utilizados, para:

1. Minería de metales pesados en General.
2. Minería de Oro (Au).
3. Minería de Plomo (Pb)

Ventajas del uso de una Celda de Flotación Flash.

En la Minería de Polimetales, como el caso materia de estudio donde se extraen minerales como el Plomo (Pb), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Plata (Ag), y otros; el uso de una Celda de Flotación Flash (Rápida), frente a una Flotación Convencional, permite dar ventajas en el proceso, en los aspectos que se indican:

- Minimiza la Sobre molienda de los minerales valiosos.
- Concentrados finales de alta ley, son responsables sólo en una etapa.
- Volúmenes menores en las Celdas convencionales.
- Se reduce también la carga circulante en el circuito de molienda, posibilitándose así una tasa de procesamiento más alta y un control más constante.

- Mejora en el proceso de Filtración.
- Aumenta la recuperación Global, aprovechando las buenas características del mineral para la flotación.

Desventajas del Uso de una Celda de Flotación Flash.

1. Se requiere disminuir la densidad de Pulpa para la alimentación Flash.
2. El Tamaño de equipos.
3. Mayor Clasificación en las zonas superiores de las Celdas.
4. El Tiempo de Residencia.
5. Se debe encontrar un equilibrio entre la mejor recuperación de metales de valor y la disminución de Recuperación debido a baja densidad de Pulpa en Molienda.
6. El DUAL OUTLET, mantiene densidades de pulpa en la alimentación del molino a nivel aceptable para no perder eficiencia de Molienda y controla densidad óptima en la Flotación Flash.

2.3.2 Marco Teórico sobre Ciencias Metalúrgicas relacionadas con la Flotación Flash.

Mineralogía.

Es la rama de la Geología que estudia las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación. La ciencia de la Mineralogía trata de los minerales de la corteza terrestre y de los encontrados fuera de la tierra, como las muestras lunares o los meteoritos; de la identificación de esos minerales y del estudio de sus propiedades, origen y clasificación.

La Mineralogía Descriptiva: Estudia las propiedades y Clasificación de los minerales individuales, su localización, sus formas de aparición y sus usos.

La Mineralogía Determinativa: Se dedica a la Identificación de los minerales en función de sus propiedades Químicas, Físicas y Cristalográficas.

Granulometría.

Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Según la Real Academia Española:

1. Parte de la Petrografía que trata de la medida, del tamaño de las partículas, granos, y rocas de los suelos.
2. Tamaño de las piedras, granos, arena, etc. Que constituye un árido o polvo.

El Método de Determinación de la Granulometría más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de Mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente COLUMNA DE TAMICES. Pero para una medición más exacta se usa el granulómetro Laser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño.

Cinética de Flotación

Generalmente se considera a la flotación como un proceso de primer orden, la constante cinética estimada de este principio no debe ser única ya que representará un promedio de una serie de constantes que dependen de la concentración de la especie mineralógica y de su granulometría en que será flotada.

Por lo anterior, es fácil asegurar que la constante cinética de flotación disminuirá aguas abajo del circuito debido a la extracción progresiva del material valioso flotable.

El aspecto expuesto anteriormente es la restricción más importante para que la teoría cinética de flotación no tenga una aplicación rigurosa, sin embargo es posible aceptar que su aplicación proporcione información valiosa para estimar performances de circuitos tentativos de flotación.

Se tiene las siguientes condiciones:

$$\begin{array}{cc} C_0 & C_t \\ \text{Tiempo} = 0 & \text{tiempo} = t \end{array}$$

Para una flotación batch se acepta que la velocidad de cambio para concentración que se describe en el siguiente modo:

$$-dC/dt = f(C) \quad (1)$$

Donde $f(C)$ es una función de la concentración C , si la reacción es de primer orden $f(C)$ puede ser remplazada por KC siendo K la constante cinética, luego remplazando en (1):

$$-dC/dt = KC \quad (2)$$

Integrando la ecuación (2) entre las concentraciones C_0 al inicio de la flotación y C_t después de un tiempo t se obtiene:

$$C_t = C_0(\exp(-Kt)) \quad (3)$$

La proporción que ha reaccionado, que corrientemente toma el nombre de recuperación (R) se da por la siguiente expresión:

$$R = 1 - C_t/C_0 = 1 - \exp(-Kt) \quad (4)$$

Se utilizaron las siguientes ecuaciones para el análisis de la cinética de flotación en la planta concentradora (Unidad de Producción Catuva) de la Compañía Minera Raura S. A.:

AGAR & BARRET

$$R = R_{\infty} (1 - e^{-k(t+\theta)})$$

METODO ANALOGICO

$$R = R_{\infty} (1 - e^{-kt})$$

KLIMPELL

$$R = R_{\infty} \left(1 - \frac{1}{kt}\right) (1 - e^{-kt})$$

Donde la recuperación de la especie valiosa en las espumas es:

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0}$$

Ya que $C_0 - C$ es la cantidad de material valioso que floto y C_0 es La cantidad de material valioso inicial (esto considerando que el Volumen permanece constante).

El cálculo de las constantes R_{∞}, k, t, θ se realizaron utilizando el **COMANDO SOLVER** de la hoja de cálculos **EXCEL**.

CAPITULO III

MODELO PROPUESTO

3.1. Metodología de la Investigación.

El presente trabajo de Investigación, por tener una naturaleza de carácter práctico, ha sido objeto de del empleo del Método de ANALISIS Y SINTESIS (INDUCTIVO – DEDUCTIVO), a fin de conocer sobre el uso de la Celda de Flotación Flash, en la Unidad de Producción Catuva, de la Compañía Minera Raura S.A, habiéndose para el efecto realizado el estudio correspondiente de las variables Independiente y Dependiente.

La Investigación sobre el uso de la Flotación Flash, ha constituido un estudio y aplicación de Carácter EXPERIMENTAL, porque va a permitir investigar los posibles EFECTOS (Resultados) que se obtengan de las Pruebas Experimentales, con el uso de las Celdas de Flotación Flash, en el proceso de los polimetales que se realiza en la unidad de Producción Catuva(Planta Concentradora) de la Compañía Minera de Raura S.A.

3.2 Diseño de la Investigación.

El Diseño empleado en la presenta Investigación es el de carácter CAUSA – EFECTO; metodología que permite establecer la relación existente entre la aplicación de la variable independiente en el proceso y el resultado obtenido, considerado como variable Dependiente, teniendo en cuenta para ello el problema principal planteado, y que será desarrollado dentro del contexto de la investigación como EXPERIMENTAL – CONDICIONADA.

Para cumplir con la Metodología y diseño de la investigación, el Control de las pruebas experimentales se llevó a cabo mediante una observación controlada de la variable independiente y de aquellas que intervinieron circunstancialmente y que han afectado o favorecido en los resultados de la variable dependiente.

3.3 Tipo de Investigación

Teniendo en cuenta los Objetivos de la Investigación y la naturaleza del Problema planteado, para el desarrollo del presente estudio se empleo el Tipo de Investigación "SUSTANTIVA", porque permite responder a los problemas planteados, de acuerdo la caracterización sobre la Optimización en la planta de beneficio de la Compañía Minera Raura S.A., de la Unidad de Producción Catuva, mediante el Uso de una Celda de Flotación Flash, describiendo y explicando las CAUSAS Y EFECTOS, traducidos en resultados obtenidos de las pruebas experimentales de la flotación flash.

3.4 Finalidad de la Investigación

La presente investigación, tiene por finalidad evaluar y analizar las Pruebas Experimentales del Uso de las Celdas de Flotación Flash, en la Unidad de Producción Catuva (Planta Concentradora) y demostrar las bondades y ventajas que ofrece la Flotación Flash (Flotación Rápida) para optimizar el Proceso Metalúrgico en la Compañía Minera Raura, y permita recuperar el 50 % a 60 % del Plomo, evitando la Sobre molienda y la pérdida de recuperación.

3.5 Propósito del uso de la Flotación Flash en el proceso Metalúrgico Polimetálico.

El propósito del uso de la Flotación Flash, es recobrar los minerales valiosos ya liberados en la molienda. Los cuales por su relativa alta gravedad específica son retornados al circuito de molienda por medio de un HIDROCICLON, donde son nuevamente molidos y por tanto reducen su tamaño.

La utilización de las Celdas de Flotación Flash, permite que los minerales procesados, sean retirados del circuito de Molienda, evitando la sobre molienda y la pérdida de recuperación.

3.6 Causas que originan Bajas en la Recuperación del Plomo

La distribución de cada Sulfuro Individual en las Arenas del Ciclón de Molienda, establece que los sulfuros más pesados son desplazados a las arenas retornando al molino y sufriendo una molienda innecesaria; por lo que el D50 para los minerales están indicados en una tabla de gravedades específicas, conforme se aprecia en una tabla para tal propósito. (Tabla N° 01).

Mineral	G. e. (gr/cc)	D50 (micrones)
Compósito	3.43	120
Silice	2.65	360
Escalerita	4.00	120
Tetraedrita	4.50	110
Pirita	5.00	86
Galena	7.58	54

Tabla N°01: Gravedades específicas de sulfuros individuales

Considerando esta tabla de distribución tenemos lo siguiente:

1. Para aquellos componentes minerales o mixtos cuya gravedad específica Coincida o esté muy cerca de la del Compósito mineral, tanto el Ciclón así como la Molienda, operaran en forma adecuada y eficiente.
2. Para los componentes minerales o mixtos cuya gravedad específica sea Mayor que aquella del Compósito mineral, se dará un notable desplazamiento de finos de ese mineral hacia el Under Flow o arenas de Ciclón; ejemplo, Galena, oro, etc. Y consecuentemente serían sobre moliendas perdiéndose como lamas.
3. Para los componentes minerales o mixtos con gravedades específicas menores que la del Compósito mineral; ocurrirá un notable desplazamiento de partículas gruesas no liberadas hacia el rebose y finalmente al relave final.

Como es de apreciarse, se observa una gran diferencia entre los valores de la mezcla, 120 Micrones y el de la Galena, 54 Micrones, que originan el sobre molienda de éste mineral y pérdidas del mismo en las fracciones más finas y para nuestro caso éstas pérdidas se daban por desplazamientos hacia el concentrado de Cobre, Zinc y Relave final.

3.7 Planteamiento de Alternativas de Solución.

Las alternativas que se tiene en Planta para flotar las partículas una vez liberadas, tenemos:

a. Las Zarandas Vibratorias y/o Zarandas de Alta Frecuencias.

Esta alternativa no es selectiva cuando se opera con Menas Polimetalicas, lo que implica de que la Galena va a estar acompañada por otros elementos y se requiere de mayores inversiones, si

consideramos todas las instalaciones previas a realizarse en la Planta Concentradora Raura S.A.

b. Las Celdas Unitarias o Flotación Flash.

Esta alternativa es la que opera con la granulometría gruesa, por que permite la flotación instantánea de partículas valiosas desde el circuito de la Molienda – Clasificación.

De estas dos alternativas, se optó por la segunda alternativa, por Presentar mejores bondades para la empresa.

3.8 Aprobación y Autorización de las pruebas.

Con la finalidad de cumplir el Trabajo de Investigación, las pruebas de Flotación Flash y los resultados obtenidos fueron revisados, aprobados, autorizados y Supervisados por el Ingeniero Fernando Bermejo Ceferino jefe de la Planta Concentradora Raura S.A.

CAPITULO IV

VALIDACION DEL METODO

4.1 Caracterización del Material a estudiar

En la Unidad de Producción Catuva (Planta Concentradora), se han investigado las causas que originan bajas en la Recuperación del Plomo, para el efecto se han tomado muestras del área de MOLIENDA – CLASIFICACION, a fin de obtener a través de una Análisis de malla Valorado en todo el Circuito el lugar donde se encuentra el Plomo listo para flotar y evitar su sobre molienda y su desplazamiento a los concentrados de Cobre y Zinc; así como su pérdida en el Relave.

Para el trabajo de investigación se ha recurrido a otras ramas científicas que ayudaron alcanzar el objetivo, siendo éstas:

4.1.1 La Mineralogía.

Ciencia que ha permitido identificar a los Minerales, en razón de que la Compañía Minera Buenaventura S.A.A. es Polimetálica, a la vez de estudiar la composición química del Mineral.

La Mineralogía que nos muestra el estudio del presente trabajo es:

El Tipo de rocas que se procesan está constituido por:

En Veta: Carbonatos (Rodocrosita, Calcita y Dolomita, Cuarzo, Sulfuros económicos (el mineral predominante de Zinc, es la Esfalerita Rubia y Rojiza, el de Plomo es la Galena Argentífera con Plata como inclusiones sólidas; el de Cobre es la Chalcopirita), y sulfuros no económicos (Pirita, Siderita).

En Caja: Marga Roja y Gris, como rocas sedimentarias. La Marga Gris presenta alteración Argilica (Arcillas), que es la que mayormente llega con el mineral por dilución.

4.1.2 La Granulometría.

Esta disciplina ha permitido utilizar el, Método de Determinación Granulométrica, que consiste en hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distinto ancho de entramado (modo de coladeras) que actúan como filtros de los granos y que se le conoce comúnmente como COLUMNAS DE TAMICES.

Del área de MOLIENDA – CLASIFICACION, se tomaron muestras a fin de obtener a través de una Análisis de malla Valorado en todo el Circuito el lugar donde se encuentra el Plomo listo para flotar. Este Análisis Valorado será explicado más adelante en el punto 4.3 del presente trabajo de investigación.

4.1.3 Ensayos Químicos

Este proceso se llevó a cabo mediante pruebas a nivel de Laboratorio Metalúrgico Químico, buscando determinar la complejidad del Mineral PLOMO frente a la Flotación Flash para así obtener el comportamiento Cinético de la Flotación Flash; y a la vez permita la evaluación y posibilidad de aplicación de una celda de flotación flash en el circuito de molienda – clasificación.

4.2 Pruebas de Laboratorio usando una Celda de Flotación Convencional. (Standard)

4.2.1 Procedimiento de muestreo con una Celda de Flotación de laboratorio Standard.

1. Se tomó múltiples muestras de la futura alimentación a la Celda (usualmente en el Underflow del Ciclón), por un lapso de ½ hora, usando un cortador adecuado. Para el efecto se utilizó un balde de 20 litros y se llenó hasta 1/3 de su volumen aproximadamente. Paralelamente se tomó una muestra de aproximadamente 20 litros de agua usada en el Molino de Planta, para ser usado en el Tamizado en húmedo.

2. Posteriormente se hizo el lavado de la muestra, con una Malla de 600 Micrones (TYLER 28 MESH) o la más cercana a 600 Micrones, pues esto ayudó a prevenir daños sobre la Celda. Una Vez que el lavado estuvo terminado, se filtro el agua que contenía Finos que no han sido Sedimentados, y los gruesos que decantaron se dejaron en el balde. Para el lavado no se usó otra agua que la del Molino.

Es IMPORTANTE, señalar que la fracción mayor a 600 Micrones, fue secada, pesada y enviada para análisis Químico.

3. Una vez que los Finos fueron filtrados, se colocaron sobre una bandeja. Y con respecto a los gruesos que se quedaron en el fondo del balde, se colocaron sobre un plástico. Se añadió los Finos filtrados y se mezcló suficiente y adecuadamente. Luego se realizó un cuarteo apropiado y se peso cinco (5) muestras de 1980 g, para una Celda de Flotación de 2.5 lt. Se seleccionó al azar una de las cinco muestras, que fue utilizado como Muestra de Cabeza. Se añadió agua a todas las muestras para mantener los sólidos bajo el agua, tan pronto como sea posible. Esto ayudó a prevenir cualquier oxidación.
4. Debe indicarse que los pasos 1,2 y 3 antes señalados deben ser llevados de la manera más rápida posible, con la finalidad de evitar cualquier oxidación.

4.2.2 Pruebas de Flotación en laboratorio Standard.

a. Reactivos:

Los Reactivos usados fueron los mismos del área de Flotación de la Planta Concentradora Raura. Se han agregado tales reactivos de manera separada y tan pronta como sea posible. El tiempo de acondicionamiento no excedió de 10 segundos en total.

b. Procedimiento de la Prueba.

Se añadió la muestra a la Celda y luego agua hasta que el nivel este aproximadamente 30mm debajo del Labio, cuando el agitador esté en funcionamiento.

Se colectó concentrado a los 30, 60 90 y 120 segundos.

La Celda trabajó a unos 1200 rpm, para que las partículas gruesas estén en suspensión. Se añadió agua para mantener el nivel de la pulpa al nivel requerido. Se removió el concentrado de la Celda mediante una paleta con movimientos repetitivos y constantes.

Se envió para análisis químico las muestras de Cabeza.

Las varias muestras de concentrado (a diferentes tiempos) y los relaves, y se registró el peso de cada una.

Se ha asumido que la humedad de la muestra es de alrededor de 20 %. Esto dio un aproximado de 45 % de sólidos en la Celda del laboratorio y simuló lo que sucede en la Celda Skim Air.

4.3 Pruebas Metalúrgicas con Mallas Valoradas en la Sección Molienda.

De los análisis Granulométricos de las Mallas Valoradas evaluadas en la Sección Molienda – Clasificación, se observa que entre 48 % al 50 % de Plomo fino (49.89 %) se encuentra en la Malla – 200 M PASSING, los cuales, son elementos metálicos listos para ser flotados y estos incrementan el contenido metálico en el Underflow del Hidrociclón a un valor de 32.86 % - 200 M, retornando como Carga Circulante a los Molinos Secundarios originando una Sobre molienda.

El Plomo, es el elemento valioso que sufre la Sobre molienda, por tener un mayor tiempo de Residencia recirculando en el Underflow, para lo cual, éste debe ser recuperado y evitar pérdidas por desplazamientos.

De acuerdo al análisis de Mallas Valoradas del Circuito Molienda

- Clasificación, la Celda Flash en primera instancia no debe ubicarse directamente en el Underflow, debido a que repercute negativamente en el tiempo de Molienda Secundaria, al operarse a una Densidad menor a 2300 gr. / lt.

En base a la Evaluación realizada, se acordó que la ubicación adecuada sería en la Descarga de los Molinos de Bolas 8' x 10' y 7' x 8', pero eso sería definido más adelante teniendo en cuenta los resultados que se obtengan en las pruebas experimentales.

La malla valorada en la Descarga del Molino de Barras 8x10 es la siguiente:

M 8x10 A - ALIMENTO						
Malla	Micrones	Peso	%P	Gx	Fx	F80
1"	25400		0.00	0.00	100.00	
3/4"	19050	23.2	1.37	1.37	98.63	
1/2"	12700	216	12.77	14.15	85.85	11693.87
3/8"	9525	316.8	18.73	32.88	67.12	
1/4"	6350	217.2	12.84	45.72	54.28	
4	4760	16.2	0.96	46.68	53.32	
10	1700	298.5	17.65	64.33	35.67	
30	600	191.9	11.35	75.68	24.32	
50	300	111.2	6.58	82.26	17.74	
70	212	45.6	2.70	84.96	15.04	
100	150	39.2	2.32	87.27	12.73	
150	106	36.1	2.13	89.41	10.59	
200	75	27.7	1.64	91.05	8.95	
-200		151.4	8.95	100.00	0.00	
		1691	100.00			

Tabla N°02 : Malla valorada en la Descarga del Molino de Barras 8x10

Se puede observar de la Tabla N°02 que el Plomo fino listo para ser flotados en la Descarga del Molino de Barras 8x10 es de 19.29% - malla 200.

La malla valorada en la Descarga de los Molinos de Bolas 8x10 es la siguiente:

Descarga 8x10 A						
Malla	Micrones	Peso	%P	Gx	Fx	P80
1"	25400	0	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19050	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12700	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9525	0	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6350	7.8	0.98	0.98	99.02	
4	4760	8.4	1.06	2.04	97.96	
10	1700	14.3	1.80	3.84	96.16	
30	600	78	9.82	13.65	86.35	519.77
50	300	211.6	26.63	40.28	59.72	
70	212	70.6	8.88	49.16	50.84	
100	150	62.8	7.90	57.07	42.93	
150	106	57.7	7.26	64.33	35.67	
200	75	44.3	5.57	69.90	30.10	
270	53	22.1	2.78	72.68	27.32	
325	45	40.3	5.07	77.75	22.25	
-325		176.8	22.25	100.00	0.00	
		794.7	100.00			

Tabla N°03: Malla valorada en la Descarga de los Molinos de Bolas 8x10

Se puede observar de la Tabla N°03 que el Plomo fino listos para ser flotados en la Descarga de los Molinos de Bolas 8x10 es de 27.37% - malla 200.

La malla valorada en el Underflow del Hidrociclón es la siguiente:

Descarga 8x10 B						
Malla	Micrones	Peso	%P	Gx	Fx	P80
1"	25400	0	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19050	0	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12700	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9525	0	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6350	3.1	0.44	0.44	99.56	
4	4760	4.1	0.59	1.03	98.97	
10	1700	19.5	2.80	3.83	96.17	
30	600	81.6	11.71	15.54	84.46	476.77
50	300	88.7	12.73	28.28	71.72	
70	212	47.3	6.79	35.07	64.93	
100	150	42.2	6.06	41.12	58.88	
150	106	38.7	5.55	46.68	53.32	
200	75	31.7	4.55	51.23	48.77	
270	53	14.2	2.04	53.27	46.73	
325	45	26.7	25.38	78.64	21.36	
-325		148.8	21.36	100.00	0.00	
		546.6	100.00			

Tabla N°04: Malla valorada en el Underflow del Hidrociclón

Se puede observar de la Tabla N°04 que el Plomo fino listos para Ser flotados en el Underflow del Hidrociclón es de 32.86% - malla 200.

La malla valorada en el Feed del Hidrociclón es la siguiente:

Cuadro de balance de materia										
Puntos	Densidad	Ge	%S	%D	TMS/hr	TM H2O/hr	M3 Pulpa/hr	Humedad	% agua	
Alimento Molino 8x10 A					50.024			3.8		
Descarga Molino 8x10 A	2152	3.12	79.31	26.09	50.02	13.03	29.3		20.69	
Alimento Molino 8x10 B					45.214			4.6		
Descarga Molino 8x10 B	1877	2.8	69.22	44.47	45.21	20.11	34.8		30.78	
Alimento Molino 8x8 A										
Descarga Molino 8x8 A	2252	3.07	82.36	21.41	29.1	6.23	15.69		17.64	
Alimento Molino 8x8 B										
Descarga Molino 8x8 B	2295	3.33	83.60	19.62	67.81	13.3	35.34		16.40	
Alimento Molino 8x8 C										
Descarga Molino 8x8 C	2295	3.13	83.60	19.62	29.1	5.71	15.16		16.40	
O/F Remolienda	1376	2.68	40.48	147.02	95.24	140.03	170.98		59.52	
U/F Remolienda	2410	3.1	86.68	15.37	29.1	4.47	13.93		13.32	
O/F Primario	1540	3.22	51.95	92.50	95.24	88.09	119.04		48.05	
U/F Primario	2607	3.3	91.32	9.50	67.81	6.45	28.48		8.68	
	Promedio	3.08								

Tabla N°05: Malla valorada en el Feed del Hidrociclón

Se puede observar de la Tabla N°05 que el Plomo fino listos para ser flotados en el Feed del Hidrociclón es de 49.89% - malla 200. Estos

incrementan el contenido metálico en el Underflow del Hidrociclón retornando como Carga Circulante a los Molinos Secundarios (Molino de Bolas 8x10 y 7x8) originando una Sobre molienda.

En resumen el Flowsheet de Mallas Valoradas del Área de Molienda – Clasificación de la Unidad de Producción Catuva se presenta en la siguiente Figura N°03:

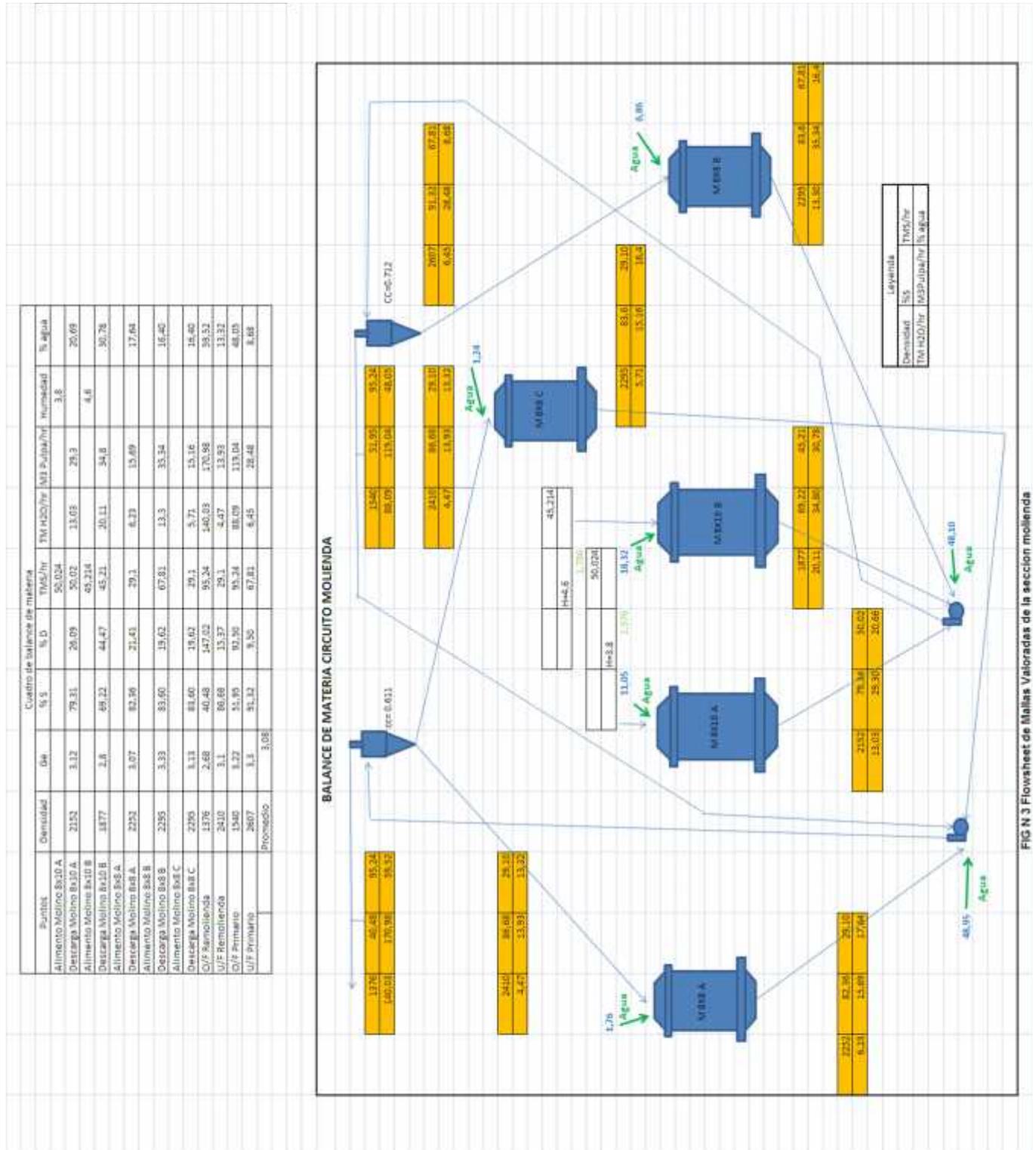


FIG N°3 Flowsheet de Mallas Valoradas de la seccion molienda

4.5 Prueba Experimental de la Flotación Flash: Muestra tomada del Under Flow del Hidrociclón (Punto N° 1)

4.5.1 Cabeza analizada de Prueba de Flotación Cinética.

	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/tm	% Fe	Densidad	%solido
Cabeza	1,20	0,67	2,80	1,74	12,77	1546,00	0,512
Concentrado	2,53	65,52	3,23	64,00	3,99	1190,00	0,193
Relave	1,24	0,53	2,90	1,61	10,76	1536,00	0,506

TABLA N° 06: Cabeza Analizada de la Prueba de Flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del hidrociclón.

En los balances 1 y 3 la performance del Pb es similar en cuanto a tonelaje, calidad y recuperación. El grado está en promedio por encima de 70% lo que indica que la flotación en este punto es muy selectiva. La selectividad de la flotación se manifiesta en el bajo desplazamiento de Cu en el concentrado de Pb, siendo menor al programado (1.902%).

En el balance 2 se observa que la flotación ha sido más agresiva obteniéndose un menor grado de Pb con un mayor desplazamiento de Cu y Zn influenciado también por las mayores leyes de cabeza de Cu y Zn.

El mayor tonelaje de concentrado de Pb producido en esta celda es de 4.80 TMSD que equivale al 10.6 % de total producido a día (45 TMSD).

4.5.2 Condiciones de Prueba de Flotación Cinética.

CONDICIONES DE PRUEBA FLASH FLOTATION CELL	
PRUEBA	FFC-1
Peso Mineral (gr.)	1,980
% Humedad	20.0%
Celda (Litros)	2.00
PH natural (Con agua de Molino)	9.00
%Sólidos en Flotación	83.0%
Malla (100%)	- 28M
Flotación Cinética	
Acondicionamiento (10 segundos)	
Cal (1gr) Ph	11.0
ZnSO4 (ml)	1.0
Complejo (ml)	1.0
Xantato Z6 / Z11 (ml)	2.0
MIBC	1 gota
RPM	1,200
CONCENTRADO I (a los 30 segundos)	
CONCENTRADO II (a los 60 segundos)	
CONCENTRADO III (a los 90 segundos)	
CONCENTRADO IV (a los 120 segundos)	

TABLA N° 07: Condiciones de la Prueba de Flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del hidrociclón

Los Reactivos usados fueron los mismos del área de Flotación, manteniendo las misma condición de porcentaje de sólidos del punto muestreado (Underflow del Hidrociclón 83.0%) como se muestra en la Tabla N°07.

4.5.3 Análisis Químico de los Concentrados y Relave Obtenidos de La prueba de Flotación Cinética.

Producto	Tiempo (min)	%Peso	Leyes (% y oz/TM)				
			Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
FLASH	1,5	3,23	28,42	2,99	29,82	5,53	7,15
ROUGHER BULK 1	4,5	3,01	26,36	7,31	11,35	11,34	9,85
ROUGHER BULK 2	7,5	3,39	10,29	4,66	2,61	10,43	10,5
Relave		90,37	0,71	0,2	0,16	2,2	8,45
Cabeza Calculada		100,00	2,70	0,66	1,54	2,89	4,65
Cabeza Ensayada			2,51	0,69	1,55	2,81	10,59

TABLA N° 08: Análisis Químico de los concentrados y relave obtenidos de la Prueba de Flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del hidrociclón.

Se colectó concentrados a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos. Se removió el concentrado de la Celda mediante una paleta con movimientos repetitivos y constantes y se envió para análisis químico las varias muestras de concentrado (a diferentes tiempos) y los relaves, y se registró el peso de cada una, tal como se muestra en la tabla N°08.

4.5.4 Recuperaciones Individuales de la Prueba de Flotación Cinética.

Recuperación				
% Pb	% Cu	% Zn	Ag Oz/tm	% Fe
21,07	0,44	0,24	7,90	0,08
78,93	99,56	99,76	92,10	99,92
100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

TABLA N° 09: Recuperaciones Individuales de la Prueba de Flotación Cinética de la muestra tomada del Underflow del hidrociclón.

Las Recuperaciones Individuales de Pb. y Ag. a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos que se muestra en la Tabla N°09 evidencia el Plomo listo para ser flotado en el Underflow del Hidrociclón.

4.5.5 Ensayos Químicos Acumulados de los Concentrados de la Prueba de Flotación Cinética.

Leyes (% y oz/TM)					Distribución Acumulada (%)					Factor Metalúrgico Acumulado				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
64.17	1.86	37.58	3.59	4.98	45.21	5.12	66.23	2.80	1.12	953.81	12.22	2048.62	3.48	1.20
40.57	8.83	19.33	5.47	10.46	72.51	51.93	86.41	10.83	5.98	1180.12	674.77	2170.28	22.07	15.87
28.17	8.01	12.00	8.73	13.32	84.77	79.09	90.29	22.55	12.84	1220.52	874.73	2174.31	57.20	41.70

TABLA N° 10: Ensayes Químicos Acumulados de los Concentrados de la Prueba de Flotación Cinética de la Muestra tomada del underflow del hidrociclón.

Los ensayes Químicos Acumulados del Concentrado de Pb que se muestra en la Tabla N°10, a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos son valores económicamente rentables.

4.5.6 Ensayos Químicos Acumulados de los Relaves de la Prueba De Flotación Cinética.

Factor Metalúrgico Acumulado				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
357,51	67,32	1213,76	11,96	4,17
643,92	442,03	1377,50	58,80	11,55
692,98	613,18	1387,23	103,33	20,97

TABLA N° 11: Ensayes Químicos Acumulados de los Relaves de la Prueba de Flotación Cinética de la Muestra tomada del underflow del hidrociclón.

Los ensayes Químicos Acumulados de los Relaves de Pb que se muestra en la Tabla N°11, a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos son valores que vendrían a ser la nueva cabeza de Flotación del Circuito convencional de flotación.

4.5.7 Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Flotación

Factor Metalúrgico Acumulado				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
277,92	22,40	1370,90	3,37	1,38
554,91	467,94	1577,72	29,13	11,73
651,27	648,16	1583,22	57,45	19,49

Cinética.

TABLA N° 12: Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Flotación cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón.

Las Recuperaciones Acumuladas Reales del concentrado de Pb a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos, están entre el 50% al 60%, siendo posible realizar Flotación Flash de Plomo para evitar sobre moliendas, tal como se muestra en la Tabla N°12.

4.5.8 Recuperaciones Acumuladas ajustadas a los Modelos Matemáticos Klimpell, Analógico, Agar y Barret de la Prueba de Flotación Cinética

- Modelo Matemático Klimpell:

Distribución Acumulada (%)				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
45,21	5,12	66,23	2,80	1,12
72,51	51,83	86,41	10,83	5,99
84,77	79,09	90,29	22,55	12,84

TABLA N°13 : Recuperaciones Acumuladas ajustada al Modelo Matemático de Klimpell, de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón.

Las Recuperaciones Acumuladas de Plomo ajustadas al Modelo Matemático de Klimpell, a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos que se muestran en la Tabla N°13, es hallado a partir de las

Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Flotación cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón (Tabla N°12) obteniendo así el siguiente Modelo Matemático de Klimpell:

$$R = 65.45 \cdot \left(1 - \frac{1}{0.07 \cdot t}\right) \cdot (1 - e^{-0.07t})$$

Donde la recuperación máxima del concentrado de plomo es de 65.45% y una constante cinética de 0.07 seg. ⁻¹

- Modelo Matemático Analógico:

Distribución Acumulada (%)				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
34,01	14,76	62,66	6,25	2,71
63,38	48,35	84,87	18,19	6,20
76,27	72,42	90,61	30,53	10,37

TABLA N°14: Recuperaciones Acumuladas ajustada al Modelo Matemático Analógico, de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón.

Las Recuperaciones Acumuladas de Plomo ajustadas al Modelo Matemático Analógico, a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos que se muestran en la Tabla N°14, es hallado a partir de las Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Flotación cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón (Tabla N°12) obteniendo así el siguiente Modelo Matemático Analógico:

$$R = 58.55 \cdot (1 - e^{-0.03t})$$

Donde la recuperación máxima del concentrado de plomo es de 58.55% y una constante cinética de 0.03 seg. ⁻¹

- Modelo Matemático Agar y Barret:

Distribución Acumulada (%)				
Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
34,24	18,33	69,68	4,38	2,40
65,77	60,37	88,32	16,15	8,30
80,39	81,75	93,23	27,64	13,16

TABLA N°15 : Recuperaciones Acumuladas ajustada al Modelo Matemático Agar y Barret, de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón

Las Recuperaciones Acumuladas de Plomo ajustadas al Modelo Matemático Agar y Barret, a los 1.5, 4.5 Y 7.5 minutos que se muestran en la Tabla N°15, es hallado a partir de las Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Flotación cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón (Tabla N°12) obteniendo así el siguiente Modelo Matemático Agar y Barret:

$$R = 65.04 \cdot \left(1 - e^{-0.02(t+18.24)}\right)$$

Donde la recuperación máxima del concentrado de plomo es de 65.04% y una constante cinética de 0.02 seg. ⁻¹ y una constante de tiempo de 18.24 seg.

De estos modelos matemáticos, la Ecuación que mejor Representa la Cinética del Plomo, es el modelo de matemático

Analógico:

FORMULA:

$$R = 58.55 \cdot \left(1 - e^{-0.03 \cdot t}\right)$$

4.5.9 Cinética Real Plata, Plomo, Cobre, Zinc, Hierro de la Prueba de Flotación Cinética.

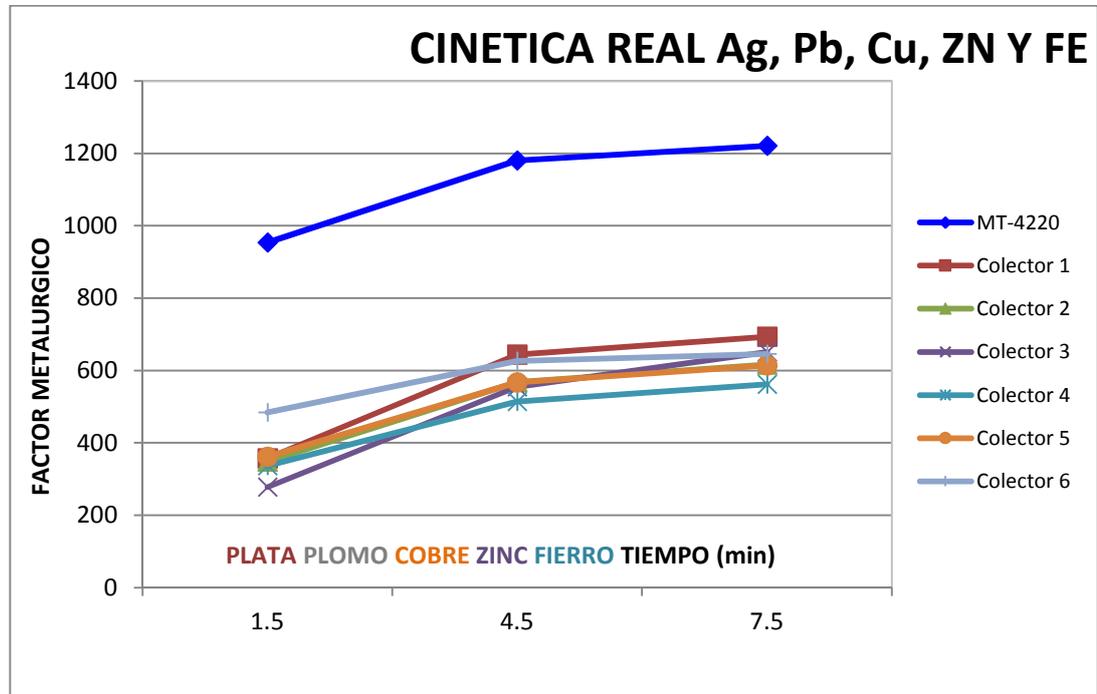


FIGURA N° 05: Cinética Real Pb-Cu-Zn-Fe de la Prueba de Flotación Cinética de muestra tomada del Underflow del hidrociclón.

Se observa en la Figura N°05 que el plomo es prácticamente más flotable que las demás especies de cobre, zinc e hierro en las condiciones de prueba.

4.5.10 Cinética del Plomo Real y ajustada a los Modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret de la prueba de Flotación Cinética.

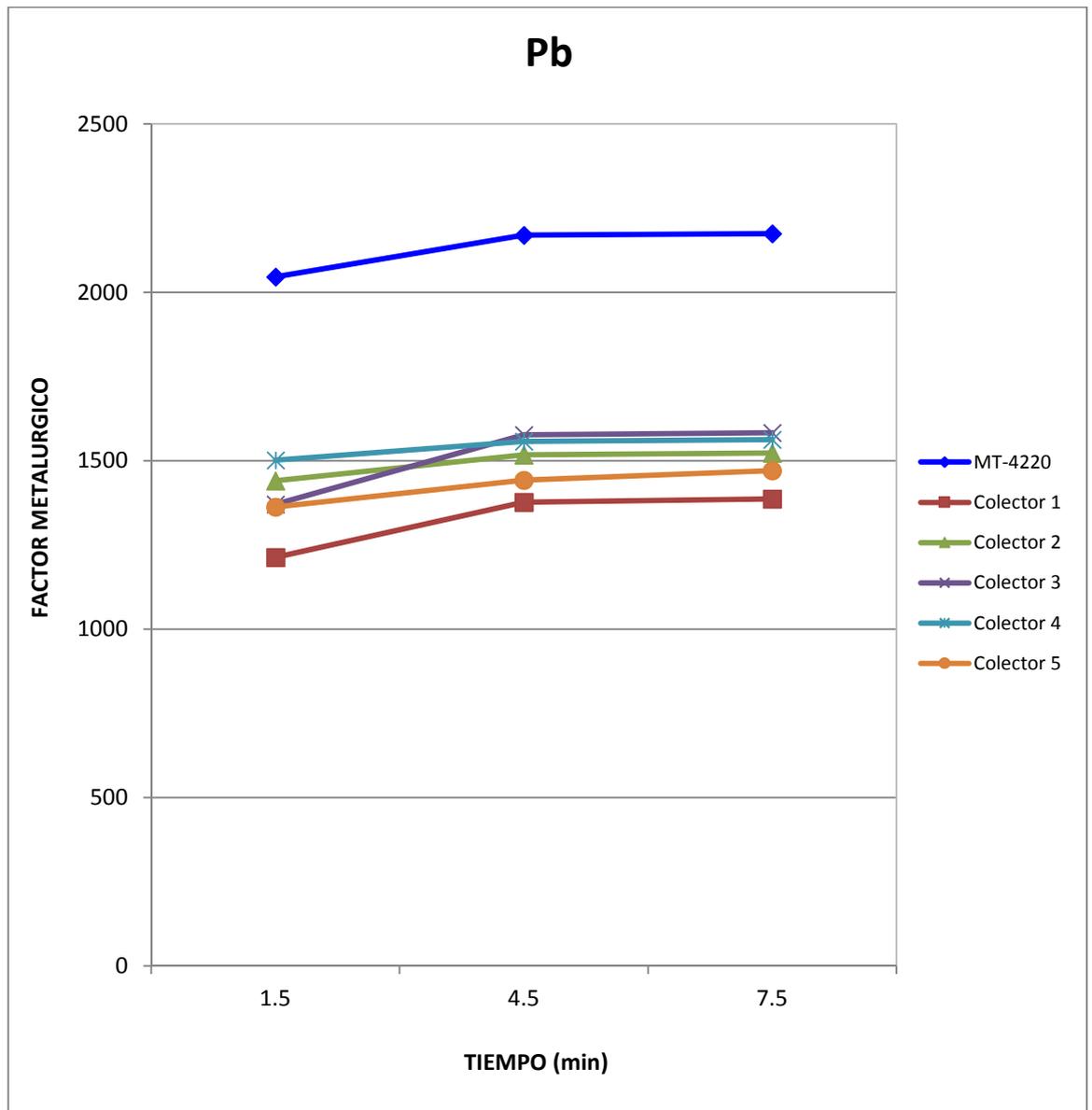


FIGURA N° 06: Cinética del Plomo Real y ajustada a los Modelos Matemáticos de Klimpell, Analógico y Agar Barret de la prueba de Flotación cinética de muestra tomada del Underflow del hidrociclón

De estos modelos matemáticos mostrados en la Figura N°06, la que mejor representa la Cinética del Plomo, es el modelo de matemático analógico

4.5.11 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA EXPERIMENTAL:

Composición Química del Mineral de Cabeza de la Prueba de Flotación Cinética

Es IMPORTANTE, señalar que la fracción mayor a 600 Micrones, que fue separada, secada, pesada y enviada para análisis Químico, pertenece a la cabeza de la futura celda de flotación rápida, para lo cual la nueva cabeza será la que se muestra en la Tabla N°16.

	Cu %	Pb %	Zn %	Fe %	Ag g/t
Malla -28	0.46	16.65	12.88	19.06	425.00
Malla +28	0.37	4.8	12.08	9.75	92
Total	0.398	8.475	12.32	12.64	195.28

Peso Malla -28 = 1980gr. Peso Malla +28 = 4403.7gr.

TABLA N°16 : Composición Química del Mineral de Cabeza de la prueba de flotación Cinética de la muestra tomada del underflow del hidrociclón considerando la fracción mayor a 600 micrones

Las Leyes de Concentrado, Relave y Recuperación proyectado para 125.85 TMSPH con el uso de la Celda de Flotación Flash.

	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/tm	% Fe	Densidad	%solido
Cabeza	1,20	0,67	2,80	1,74	12,77	1546,00	0,512
Concentrado	2,53	65,52	3,23	64,00	3,99	1190,00	0,193
Relave	1,24	0,53	2,90	1,61	10,76	1536,00	0,506

Tabla N°17 : Leyes de Concentrado, relave y recuperación proyectado para un celda de flotación rápida ubicada en underflow del hidrociclón.

En la Tabla N°17 muestra que para un celda de flotación rápida ubicada en underflow del hidrociclón obtendríamos leyes en el

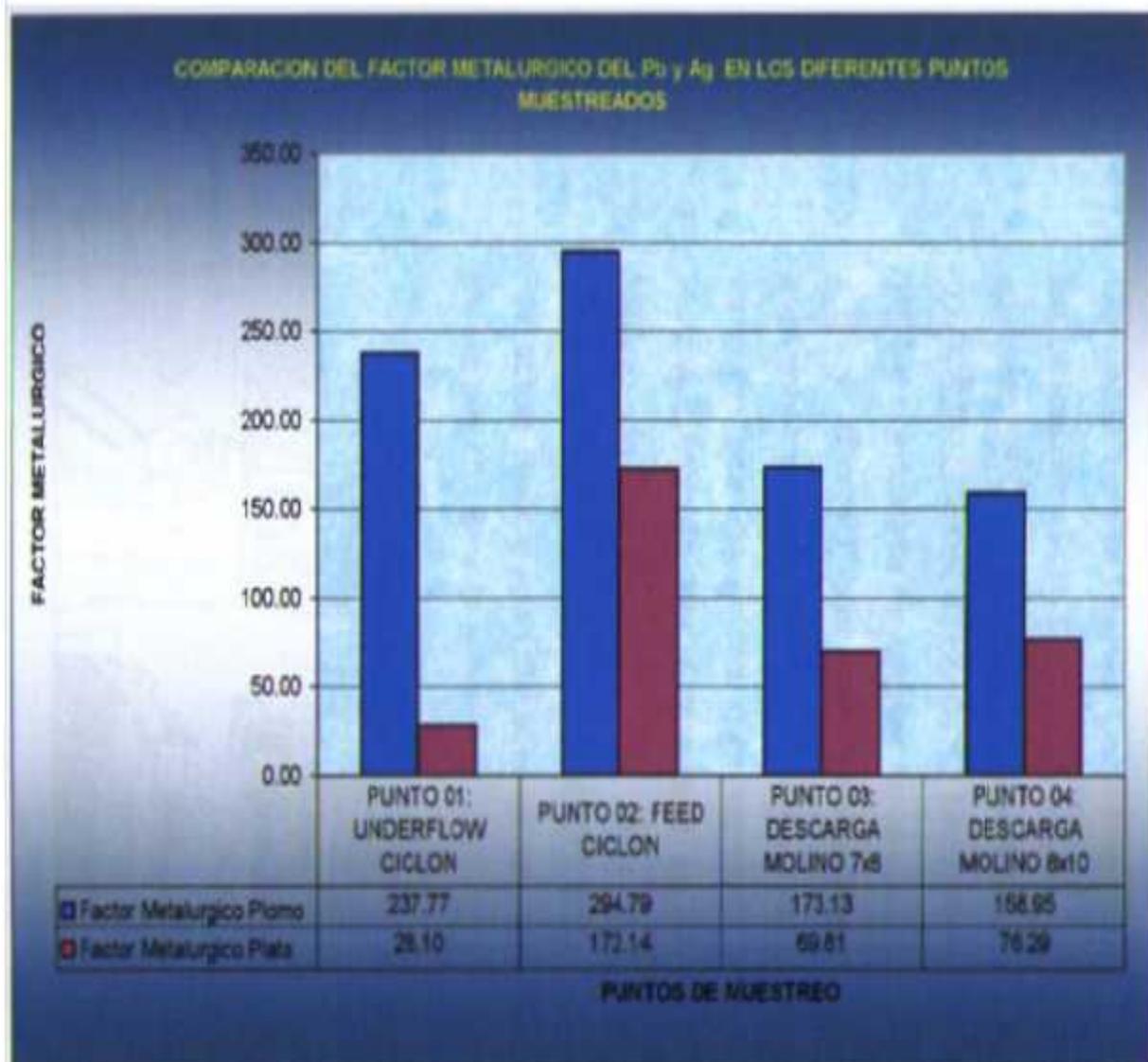
concentrado de Pb y Ag de 68.6% y 557.2 g/t y recuperaciones promedio de 57.71% y 21.43% respectivamente.

4.6 Elección de la Celda de Flotación Flash y su ubicación en la Planta Concentradora Raura S.A.

4.6.1 Elección de la Celda.

Mediante la Prueba a nivel de Laboratorio Metalúrgico –Químico y con las mismas condiciones de la Planta Concentradora, se determinó en cual punto de Muestreo de la Sección Molienda presenta un mejor resultado y comportamiento durante la Flotación, para tal fin se utilizará dos parámetros de Comparación: El FACTOR METALURGICO y LA CINETICA DE FLOTACION.

En base a los resultados de las pruebas de Flotación Cinéticas realizadas en diferentes punto 1 de la Sección Molienda de la Planta Concentradora Raura S.A, obtenidas en las pruebas experimentales y que se muestran a modo de información podemos apreciar que del Cuadro y gráfico Comparativo del Factor Metalúrgico y la Cinética del Plomo FIGURA N° 13), se determina que con la Instalación de una Celda Flash SK – 240, trabajando con el Feed del Hidrociclón, se obtienen LEYES EN EL CONCENTRADO de Plomo y Plata de 51.8 % y 579.9 g/t y RECUPERACIONES de 64.94 % y 46.01 % respectivamente.



El Punto N°02: Alimento al ciclon es el que presenta una mayor cinetica de flotacion del Pb (Recuperacion Maxima de Plomo: 66.51%) asi como un mayor Factor Metalurgico (294.79) con un concentrado de Plomo 51.75% y con una recuperacion de 64.94%

FIGURA N°07 : Factor Metalúrgico de las Pruebas de flotación cinética

4.6.2 Ubicación en la Planta Concentradora.

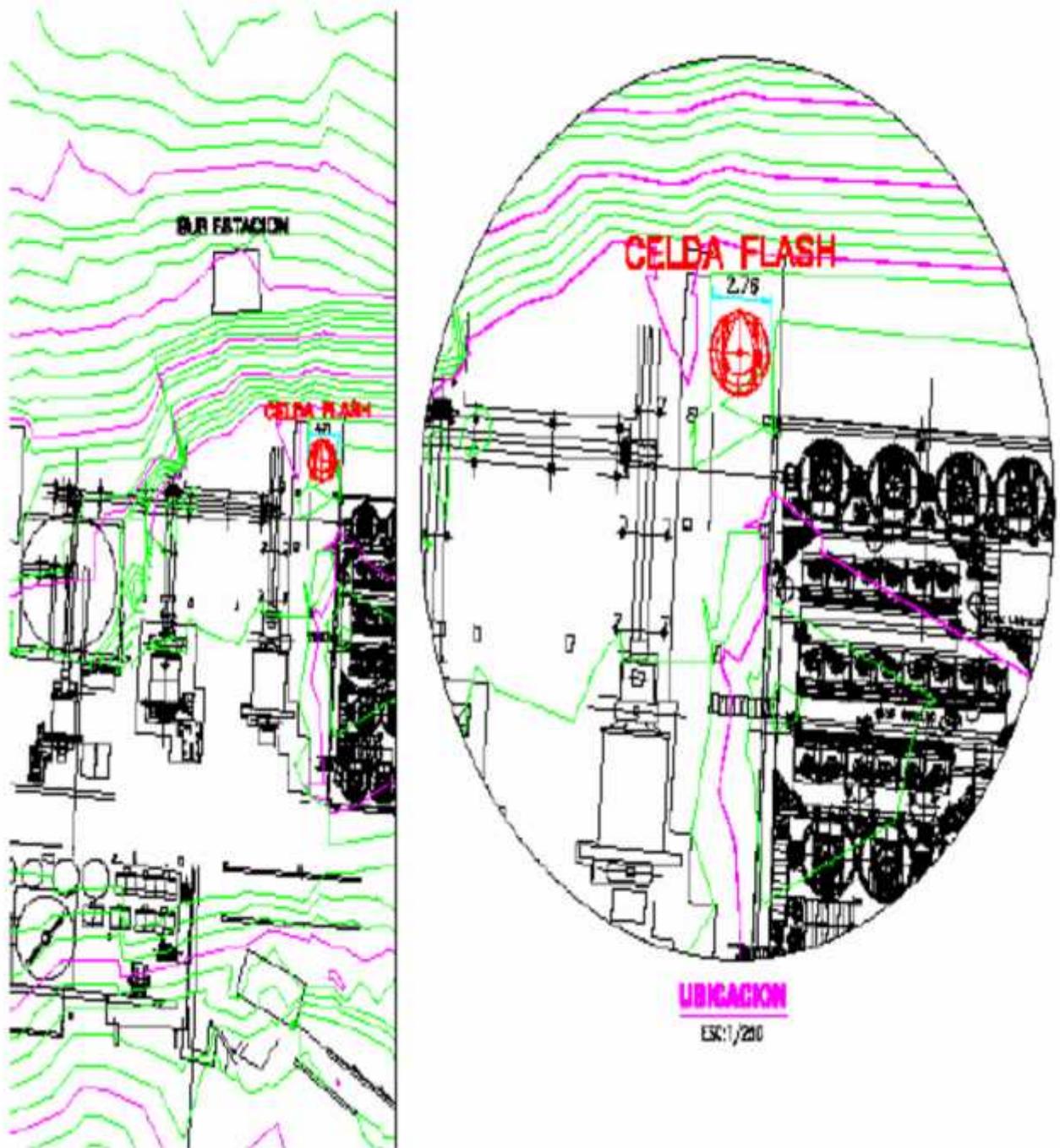


FIGURA N°08: Ubicación de la Celda de Flotación Rápida en la Planta Concentradora.

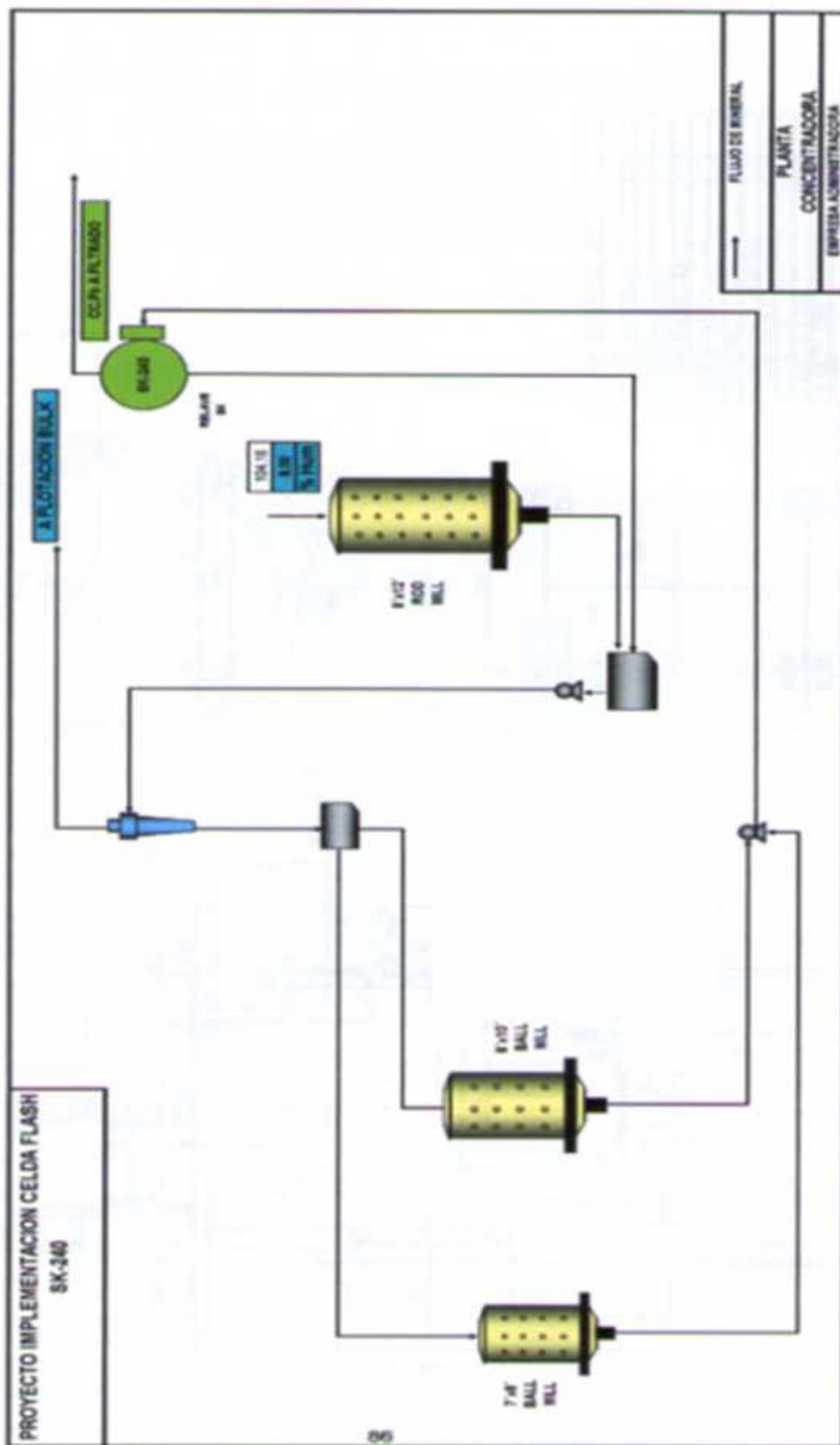


FIGURA N° 09 Ubicación de la celda de flotación rápida en el área de molinda

La Ubicación de la Celda SK – 240, basados en la configuración y espacio de la Planta Concentradora Raura S.A, sería en él la “DESCARGA DE LOS DOS MOLINOS DE BOLAS 7’ x 8’ y 8’ x10’ ” y consistiría en captar la descarga de los Molinos de Bolas 7’ x 8’ y 8’ x 10’ con una Bomba HM – 150 (otra en Stand By) y alimentar a la Celda SK – 240, las Espumas de esta Celda se dirigirán por gravedad directamente al Concentrado Final y el Relave también por Gravedad se juntará con la Descarga del Molino de Barras 9’ x 12’ esta Pulpa será Bombeada a los Hidrociclones ; Los Finos del OF serán el alimento al Circuito de Flotación Bulk y los gruesos de UF serán la carga de los Molinos de Bolas 7’ x 8’ y 8’ x 10’

4.7 Beneficio Metalúrgico con el uso de la Flotación Flash.

4.7.1 Mejoras:

- a. En la performance metalúrgica de la Planta, en lo que a Plomo se refiere y a sus desplazamientos, debido a que al flotar Galena Gruesa desde la Molienda, generará para el Circuito de Zinc un menor desplazamiento de Plomo, estabilizando los parámetros generales de la flotación en toda la Planta Concentradora Raura S.A de tratamiento Polimetálico.
- b. Con la Celda Flash SK – 240, se realiza una flotación instantánea de los minerales de Plomo, liberados en la carga circulante en el Circuito de Molienda – Clasificación, originando que los Circuitos de Flotación posteriores queden habilitados para generar un BULK DE PLOMO – COBRE, con menor contenido de Plomo (Pb) y enriquecido en Cobre (Cu), obviamente originando un menor consumo de Bicromato de Sodio en la etapa de separación Plomo (Pb) – Cobre (Cu) (DEPRESOR DE GALENA) reactivo que es extremadamente dañino al Medio Ambiente.

4.7.2 Ventajas:

- a. El Proyecto de Instalación y uso de la Celda Flash SK – 240, es bastante rentable, ya que permite una rápida recuperación de la inversión realizada.
- b. Minimiza la Sobre molienda de los minerales valiosos, debido a que la Celda Flash SK – 240, trabaja a una Granulometría Gruesa.
- c. Se obtienen concentrados de alta Ley, que son recuperados en una sola etapa.
- d. La Celda SK – 240, recuperará una considerable cantidad de minerales valiosos, ocasionando una capacidad extra en el Circuito de Flotación y Aumentando el tiempo de Residencia del mineral.
- f. Los concentrados de Gruesa Granulometría obtenidos de la Celda SK – 240, son fáciles de filtrar.

CAPITULO V

PRESUPUESTO.

5.1 Investigación y Planeamiento.

5.1.1 Investigación

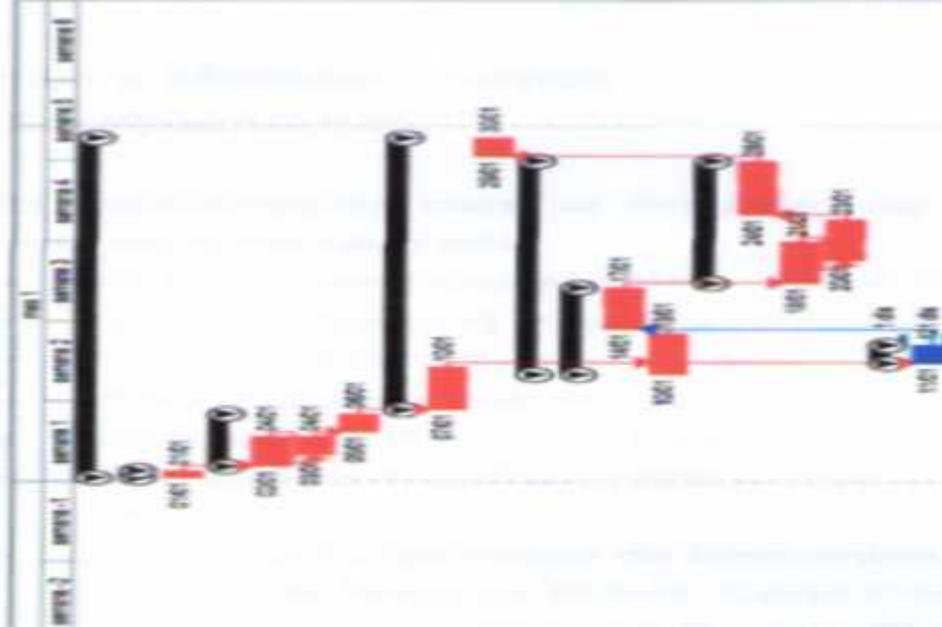
Las Investigaciones realizadas en el Laboratorio metalúrgico se hicieron usando una Celda de Flotación Convencional de Laboratorio, (CELDA DENVER), con la finalidad de tener gastos que sean considerados como propios de una Control Metalúrgico y no considerarlos como Presupuesto de la Investigación, ya que la finalidad es obtener la Cinética de la Flotación para evaluar la posibilidad de aplicar una Flotación Flash al material.

5.1.2 Planeamiento.

El Planeamiento de Instalación de una Celda de Flotación Flash SK – 240, ha sido considerado aproximadamente en un costo total de DIEZ MIL DOLARES (\$ 10,000.00) DOLARES AMERICANOS, y que es detallado en el cuadro siguiente:

TABLA N° 15] Planeamiento de instalación de la celda flash SK-340.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COMBUST	FM	UNIDAD	AREA				
						AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5
1	OBRA CIVIL OBRERA DE CELDA FLASH	20.000	CONCRETO	100.000	%					
2	TRABAJO PRELIMINAR	1.000	CONCRETO	100.000	%					
3	TRAZADO Y DESARTE	1.000	CONCRETO	100.000	%					
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	5.000	CONCRETO	100.000	%					
5	EDIFICACION PARA OBRERA	1.000	CONCRETO	100.000	%					
6	ILUMINACION DE MATERIAL EXISTENTE	2.000	CONCRETO	100.000	%					
7	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	2.000	CONCRETO	100.000	%					
8	CONCRETO BRUTO	24.000	CONCRETO	100.000	%					
9	CONCRETO P.O. DE ACOPLE	4.000	CONCRETO	100.000	%					
10	GRUPO PARA MUE DE PEDESTALES	2.000	CONCRETO	100.000	%					
11	CONCRETO ARMADO	18.000	CONCRETO	100.000	%					
12	ARMADURA	8.000	CONCRETO	100.000	%					
13	CONCRETO P.O. DE ACOPLE	4.000	CONCRETO	100.000	%					
14	ACERO DE REFUERZO PARA ACOPLE	4.000	CONCRETO	100.000	%					
15	ACOPLE	11.000	CONCRETO	100.000	%					
16	CONCRETO P.O. DE ACOPLE	5.000	CONCRETO	100.000	%					
17	ACERO DE REFUERZO PARA ACOPLE	4.000	CONCRETO	100.000	%					
18	ENCORVAJADO DE ACOPLE	4.000	CONCRETO	100.000	%					
19	PERFORACION	1.000	CONCRETO	100.000	%					
20	PERFORACION (MATERIAL)	2.000	CONCRETO	100.000	%					



5.2 Equipamiento y Mantenimiento

5.2.1 Equipamiento.

El equipamiento para el Proyecto de Celda de Flotación Flash, esta comprendido por:

- Un Celda de Flotación SK – 240 y Recubrimiento de Caucho.
- Juego de Bearing Housing y respectivos ejes.
- Juego de Poleas y fajas y guarda fajas fabricadas en FRP.
- Motor eléctrico marca Baldor.
- Conjunto de Rotores y Estatores “Outokumpu”.
- Válvula tipo mariposa para la manipulación de Aire de Flotación
- Un conjunto completo de elementos de instrumentación para el Control de Nivel de Pulpa. Cada Conjunto consiste en:
 - Sistema Boya – Platillo
 - Sensor Milltronics The Probe Two Wire
 - Controlador Electrónico de Nivel con gabinete de protección.
 - Válvula Pinch JINDEX con actuador neumático y ELECTROPOSICIONADOR.

 - Pernos y empaquetaduras necesarias.

- Protección Epóxica.

- Ingeniería.

- Asesoría de Instalación y Arranque.

- Manuales.

5.2.2 Costo por Operación y Mantenimiento.

Costo por Operaciones y Mantenimiento Anual ha sido calculado en CATORCE MIL CINCUENTIDOS DOLARES AMERICANOS (\$ 14,052.00), en la que se considera lo siguiente:

- Mantenimiento de Bomba.
- Consumo de energía de Bomba.
- Consumo de energía de la Celda Flash.
- Servicios adicionales no previstos.

<u>Detalle del costo de operación</u>	KW- \$/KW-		hrs/mes	\$/mes	\$/año
	h	h			
Consumo de energía bombas HR-150	56	0.017	672	640	7,677
Consumo de energía celda SkimAir	10	0.017	672	114	1,371
				754	9,048

TABLA N°20: Costos por Operación Anual

<u>Detalle del costo de mantenimiento.</u>	KW-h	\$/KW-h	hrs/mes	\$/mes	\$/año
Mantenimiento	-	-	-	417	5,004

TABLA N°21: Costos por Mantenimiento Anual

5.3 Costo de Ejecución.

5.3.1 Cálculo del Cronograma de Pagos de la Cadena Cuadros

Demostrativos de cálculo del Cronograma de pagos de la cadena.

Equipamiento	Cant.	US\$/Und	Subtotal
Datos del Cálculo			
Tasa de descuento	15.00%		
Depreciación	5 Años		
Tasa impositiva	30%		
Equipo Nuevo			
Costo de adquisición		\$	85,000
Gastos anuales de operación		\$	14,052
Vida útil		Año	5
Valor residual		\$	10,200

TABLA N°23: Datos de Costo de la Celda SK-240

Cálculo del cronograma de pagos de la deuda			
Monto de la deuda		\$	85,000
Número de años			5
Tasa del préstamo			15.00%
Cuota anual		\$	25,357

TABLA N°24: Datos para cronograma de pagos

Años	Saldo	A	G. Financ	Cuota anual
1	85,000	12,607	12,750	25,357
2	72,393	14,498	10,859	25,357
3	57,895	16,673	8,684	25,357
4	41,223	19,173	6,183	25,357
5	22,049	22,049	3,307	25,357
TOTAL:		85,000	41,784	126,784

TABLA N°25: Cronograma de pagos**5.4 Costo de Inversión Aproximado.**

El Costo Aproximado que la Compañía Minera Raura S.A, que podría invertir asciende a la suma de OCHENTICINCO MIL DOLARES AMERICANOS, (\$ 85,000.00), los que estarían comprendidos de acuerdo al cuadro demostrativo (TABLA N°58) en:

- Celda Skim Air 240.
- Infraestructura.

5.5 Costo Beneficio para la Compañía Minera Raura S.A.**5.5.1 Alternativa:****PROCESO METALURGICO SIN CELDA FLASH.**

Productos	TMS	Leyes				Coneridos metálicos				Distribuciones			
		%Ag	%Cu	%Pb	%Zn	%Ag	TMS Cu	TMS Pb	TMS Zn	%Ag	%Cu	%Pb	%Zn
Alimentación	50333.69	2.170	0.568	1.619	2.893	106205	285	815	1458	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cobre	659	62.649	31.256	2.148	4.042	41284	208	14	27	37.80	72.27	1.74	1.88
Conc. Plomo	1067	48.901	1.229	89.978	3.888	50057	13	737	41	45.84	4.80	90.47	2.85
Conc. Zinc	2288	3.617	1.658	0.540	57.160	8197	38	12	1295	7.51	13.18	1.50	88.96
Reque	46341	0.323	0.361	0.111	0.200	14951	28	51	93	13.69	9.94	6.29	6.37
Gas Calorímetro		2.275								4.34			

TABLA N°26: Balance Metalúrgico sin Celda Flash

Precio del Zinc \$/tmf	1,170
Precio del Plomo \$/tmf	800
Precio del Cobre \$/tmf	2,000
Precio de la Plata \$/tmf	6.00

TABLA N°27: Precio de los Metales (21 agosto 2012)

Flujo de caja ALT. SIN CELDA	AÑOS	0	1	2	3	4	5
Monto de Inversión	US\$	-					
Gasto Financiero	US\$						
Costos Operativos	US\$						
Ingresos por venta de concentrado	US\$		50,907,807	50,907,807	50,907,807	50,907,807	50,907,807
Flujo Operativo	US\$	-	50,907,807	50,907,807	50,907,807	50,907,807	50,907,807

TABLA N°28: Cuadro del Flujo de Caja y Flujo Operativo

VENTAJA:

- Se tiene un ingreso por Venta de Concentrado de \$ 4'242,317.00 Dolares Americanos al mes, lo que implica un ingreso anual de \$ 50'907,807.00 Dolares Americanos al Año.

DESVENTAJAS:

- Bajas Recuperaciones por pérdida de Plomo sobre molido.
- Deterioro del grado del Concentrado de Cobre por alto desplazamiento de Plomo.
- Penalidades aplicadas en la Comercialización del Concentrado de Cobre por altos desplazamientos de Plomo.
- Alta Humedad del Concentrado de Plomo, que originan altas pérdidas por Mermas.

- Incremento del consumo de Bicromato de Sodio, por la generación de mayores Áreas Superficiales, el mismo que es un Contaminante del Medio Ambiente.

CAPITULO VI

ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS.

6.1 De la muestra tomada de la Prueba Experimental de la Flotación

Cinética, colocada en el Under Flow del Ciclón, se llegó a establecer resultados que podrían ser Ventajosos para la Unidad de producción Catuva, y le permitiría: Operar con un Tonelaje menor a la capacidad de diseño de la Celdas convencionales, lo cual incrementaría el tiempo de Flotación del Plomo en esta etapa. El Concentrado de Plomo se enviaría directamente al Espesador con una Ley de 68.6 %. Y Descabezar la Ley de Cabeza de Plomo, reduciéndolo de 8.47 % a 6.62 % en la Descarga del Hidrociclón (U/F).

En Consecuencia la Instalación de una Celda Flash SK – 240, colocada en la DESCARGA DEL CICLON (U/F), permitirá obtener Leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 68.6 % y 557.2 g/t y Recuperaciones Promedio de 57.71 % y 21.43 % respectivamente.

6.2 De la muestra tomada de la prueba experimental de la Flotación

Cinética, instalada en el Feed del Hidrociclón, se llegó a determinar resultados que podrían beneficiar a la Unidad de Producción Catuva, en: Operar con un Tonelaje menor a la capacidad de Diseño de la Celdas convencionales, lo cual incrementaría el tiempo de Flotación del Plomo en ésta etapa. El Concentrado de Plomo, se enviaría directamente al Espesador con una Ley de 51.75 %. Y Descabezar la Ley de Cabeza de Plomo, reduciéndolo de 6.998 % a 3.49 % en el Feed del Hidrociclón. Por lo tanto, se deduce que con una Celda Flash SK – 240, colocada en el Feed del Ciclón (F), se logrará obtener Leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 51.75 % y 579.9 g/t y Recuperaciones Promedio de 64.94 % y 46.01 % respectivamente.

6.3 De la muestra tomada de la prueba experimental de la Flotación

Cinética, colocada en la Descarga del Molino de Bolas de 7' x 8', se llegó a establecer resultados que beneficiarían a la Unidad de Producción Catuva, por que le permitiría: Operar con un Tonelaje menor a la Capacidad de Diseño de la Celdas convencionales, situación que incrementaría el tiempo de Flotación del Plomo en ésta etapa. El Concentrado de Plomo se enviaría directamente al Espesador con una Ley de 46.4 %. Y Descabezar la Ley de Cabeza de Plomo reduciéndolo de 7.776 % a 7.64 %, en la Descarga del Molino 7' x 8'.

De lo analizado se deduce que con la instalación de una Celda Flash SK – 80, en la Descarga de Molino de 7' x 8', se logrará obtener Leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 46.4 % y 421.5 g/t y Recuperaciones Promedio de 41.79 % y 26.83 % respectivamente.

6.4 De la muestra tomada de la prueba experimental de la Flotación

Cinética, instalada en la Descarga de Molino de Bolas de 8' x 10', se llegó a determinar resultados que son beneficiosos a la Unidad de Producción Catuva, en razón de que le permitiría: Operar con un Tonelaje menor a la capacidad de Diseño de la Celdas convencionales, lo cual incrementaría el tiempo de Flotación del Plomo en ésta etapa. El Concentrado de Plomo se enviaría directamente al Espesador con una Ley de 44.5 %. Y Descabezar la Ley de Cabeza de Plomo, reduciéndolo de 8.461 % a 8.1 % en la Descarga del Molino 8' x 10'. Por lo expuesto se deduce, que con una Celda Flash SK – 80, colocada en la Descarga de Molino de 8' x 10', se logrará obtener Leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 44.5 % y 534.6 g/t y Recuperaciones Promedio de 39.79 % y 23.69 % respectivamente.

6.5 Elección y Ubicación de una Celda de Flotación Flash. La Compañía Minera , Raura S.A con la utilización en el Laboratorio metalúrgico de una CELDA DE FLOTACION CONVENCIONAL de Laboratorio, (CELDA DENVER), y luego de las pruebas experimentales llevadas a cabo se hizo la Elección de la "CELDA DE FLOTACION FLASH SK – 240 en razón de que ofrecían mejores ventajas y beneficios en los resultados y comportamiento durante la flotación, habiéndose utilizado como

parámetros de comparación, el Factor Metalúrgico y la Cinética de Flotación, y respecto a su Ubicación en la Planta Concentradora, según su configuración y espacio, ésta sería en el “AREA DE MOLIENDA – CLASIFICACION” y consistiría en Captar la Descarga de los Molinos de Bolas de 7’ x 8’ y 8’ x 10’ con una BOMBA HM 150 (otra en Stand By) y alimentar a la Celda SK – 240, las espumas de esta celda irán por gravedad directamente al concentrado final, y el relave por gravedad se juntará con la descarga del molino de Barras de 9’ x 12’; esta Pulpa será bombeada a los Hidrociclones, donde los finos del OF serán alimento del Circuito de Flotación BULK y los Gruesos del UF, serán carga de los molinos de Bolas 7’ x 8’ y 8’ x 10’.

- 6.6 Evaluación del Presupuesto por Instalación, Operación y Mantenimiento.** Inspeccionada los espacios y configuración de la Unidad de producción Catuva, se hizo un Planeamiento y estudio del mercado, para establecer el “Proyecto de Presupuesto de Instalación, Operación y Mantenimiento” habiéndose señalado como costo Total de Instalación de la Celda Flash SK – 240, aproximadamente la suma de \$ 10,000.00 DOLARES AMERICANOS; Por otro lado, el Costo por Operación y Mantenimiento del equipo durante el año sería aproximadamente de \$ 14,052.00 DOLARES AMERICANOS, donde se considera el Mantenimiento de Bomba, Consumo de energía de la Bomba y consumo de energía de la Celda Flash.
- 6.7 Evaluación del Costo de Inversión.** En el Estudio de Mercado sobre este tipo de equipamiento,(Celda Flash SK – 240), se estableció como Costo de Inversión proyectado un aproximado de la suma de \$ 85,000.00 DOLARES AMERICANOS, donde está considerado la Celda Skim Air 240 (\$ 75,000) y la Infraestructura (\$ 10,000) Dolares Americanos, siendo esta inversión bastante rentable, ya que va a permitir una rápida recuperación de lo invertido, por las grandes ventajas y beneficios que ofrecerá en el Proceso metalúrgico de la Unidad de Producción Catuva de la Compañía Minera Raura.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

Las Pruebas experimentales realizadas en la Unidad de Producción Catuva, para el uso de una Celda de Flotación Flash, en el proceso metalúrgico han determinado que la elección sería por UNA CELDA FLASH SK – 240, por que ha demostrado:

- Minimizar la sobre molienda de los minerales valiosos debido, a que esta Celda trabaja con una granulometría gruesa.
- La obtención de Concentrados de Alta Ley, que son recuperados en una sola etapa.
- La Recuperación de una cantidad considerable de minerales valiosos, ocasionando una capacidad extra en el circuito de Flotación y aumentando el tiempo de Residencia del mineral. Y,
- Permitir que los Concentrados de gruesa granulometría, obtenidos por esta Celda sean fáciles de filtrar.

7.1.2 Los resultados de las Pruebas experimentales, han establecido Ventajas y Beneficios para la Instalación de una Celda de Flotación Flash (CELDA FLASH SK – 240), en la Unidad de Producción de la Compañía Minera Raura, el mismo que lograría Optimizar la Metalurgia del Plomo, para:

- captar o separar el Plomo tan pronto el Proceso lo permita, y esto será posible a que la Celda Flash tenga que recuperar el 50 % a 60 % de Plomo antes de sufrir una sobre molienda;

- Disminuir los desplazamientos de Plomo hacia el Concentrado de Cobre, de 13.0 % a 8.0 % de Plomo.
- Disminuir la Humedad del Concentrado de Plomo, que originaba altas pérdidas por Mermas de 11 % a 8 % de Humedad.
- Disminuir el consumo de Bicromato de Sodio, por la generación de mayores áreas superficiales, y ser éste un Contaminante que afecta y daña el Medio Ambiente de 8 gr/TMS a 6 gr/TMS. (Ecología).

7.1.3 El Lugar de Instalación más favorable de una Celda de Flotación Flash (CELDA FLASH SK – 240), en la Unidad de Producción Catuva de la Compañía Minera Raura S.A, sería en el “AREA DE MOLIENDA – CLASIFICACION DE LA PLANTA CONCENTRADORA” porque le permitiría Captar la descarga de los Molinos de Bolas 7’ x 8’ y 8’ x 10’, con una Bomba HM – 150 y alimentar a la Celda SK – 240, ya que las espumas de ésta celda irán por gravedad directamente al Concentrado Final y el Relave también por gravedad se juntara con la descarga del Molino de Barras 9’ x 12’; ésta Pulpa será Bombeada a los Hidrociclones; Los Finos del OF serán alimento del Circuito de Flotación Bulk y los Gruesos del UF serán la carga de los molinos de bolas de 7’ x8’ y 8’ x 10’.

7.2 Recomendaciones:

- Los radios de reducción de los molinos primarios están altos en 22 veces del alimento, esto quiere decir que los molinos están moliendo bien, mientras que en el molino secundario y de remolienda el radio de reducción es baja en una reducción de 2 veces, aquí estaría faltando mejorar la molienda.
- El hidrociclón primario tiene un 71.2 % de carga circulante y el de remolienda esta en 61.1% de carga circulante.
- El % -m200 en el O/F del hidrociclón primario es 41.18%, un poco bajo y mientras que en el O/F del hidrociclón de remolienda es 59.72%, bueno. Debido que los molinos 8x8A y 8x8B, trabajan con menos carga.
- En cuanto a la eficiencia de los hidrociclones están en 56.7% con un tamaño de corte de $d_{50} = 360 \text{ um}$ para el primario y 51.57% con un tamaño de corte $d_{50} = 125 \text{ um}$ para la remolienda
- El consumo de agua es 140.03 m³/hr. En el circuito de molienda.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Christian Kujawa, "Gold Recovery Improvement with Outokumpu Flash Flotation" IV Symposium Internacional de Mineralurgia, Agosto 2010.
- 2.- Andre Laplante, "The Gravity Recoverable Gold Test and Flash Flotation" 34th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Enero 2010.
- 3.- Outokumpu, "Skim Air for Flash Flotation", Octubre 2011.
- 4.- Villegaz y Manzaneda, "Flotación rápida desde la Molienda" Noviembre 2010.

Referencias Electrónicas (Internet):

- <http://www.embajadachina.org.pe/esp/xwss/t135198.htm>.
- <http://www.infonegocio.com.pe/data/evolucion/actual/mercado.html>.
- <http://www.infonegocio.com.pe/data/evolucion/actual/analisisselec.htm>