

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



**“ESTUDIO METALURGICO CON MICROSCOPIA OPTICA
CUALITATIVA DE MINERALES POLIMETALICOS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

PRESENTADO POR:
ROBERTO VARGAS VELASQUEZ

LIMA - PERU

2011

DEDICATORIA

A mis queridos padres, con profundo agradecimiento por su abnegación y cariño infinito, por su apoyo bajo cuya sombra se ha cristalizado este anhelo.

ÍNDICE

DEDICATORIA

INDICE

RESUMEN

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1.	Introducción	07
1.2.	Objetivos	09
1.2.1.	Objetivo General	09
1.2.2.	Objetivos Específicos	09
1.3.	Justificación	09
1.4.	Aspectos Preliminares	10
1.4.1.	Aspectos Metalúrgicos Generales	10
1.4.2.	Recuperación por Mallas	12

CAPITULO II: REGRESION LINEAL ENTRE ELEMENTOS QUÍMICOS, MICROSCOPIA ÓPTICA CUALITATIVA E INTERPRETACIÓN METALÚRGICA

2.1.	Cabeza de Mineral	16
2.1.1.	Identificación de la Muestra	16
2.1.2.	Análisis Valorado por Mallas	16
2.1.3.	Regresión entre Elementos	17
2.1.4.	Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica	19
2.2.	Concentrado de Cobre	23
2.2.1.	Identificación de la Muestra	23
2.2.2.	Análisis Valorado por Mallas	24
2.2.3.	Regresión entre Elementos	25
2.2.4.	Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica	26
2.3.	Concentrado de Plomo	30
2.3.1.	Identificación de la Muestra	30
2.3.2.	Análisis Valorado por Mallas	31
2.3.3.	Regresión entre Elementos	32
2.3.4.	Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica	34
2.4.	Concentrado de Zinc	38
2.4.1.	Identificación de la Muestra	38
2.4.2.	Análisis Valorado por Mallas	38

2.4.3.	Regresión entre Elementos	39
2.4.4.	Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica	41
2.5.	Relave Final	45
2.5.1.	Identificación de la Muestra	45
2.5.2.	Análisis Valorado por Mallas	46
2.5.3.	Regresión Entre Elementos	47
2.5.4.	Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica	49
CAPITULO III: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MICROSCOPIA ÓPTICA CUALITATIVA		
3.1.	Antecedentes	53
3.2.	Flotación Bulk y Separación Plomo-Cobre	54
3.3.	Flotación Flash	57
CAPITULO IV: MICROSCOPIA ÓPTICA Y METALURGIA POR ESPECIES DEL MINERAL		
4.1.	Galena	60
4.2.	Calcopirita	62
4.3.	Cobres Grises	64
4.4.	Esfalerita	65
4.5.	Pirita	66
4.6.	Arsenopirita	67
4.7.	Gangas	67
CONCLUSIONES		68
BIBLIOGRAFIA		70
ANEXOS		
Anexo N° 01.- Regresiones entre Elemento Cabeza		74
Anexo N° 02.- Regresiones entre Elemento Cobre		75
Anexo N° 03.- Regresiones entre Elemento Plomo		76
Anexo N° 04.- Regresiones entre Elemento Zinc		77
Anexo N° 05.- Regresiones entre Elemento Relave		78
Anexo N° 06.- Circuito de planta concentradora Berna II antes de agregar remolienda		79
Anexo N° 07.- Circuito de planta concentradora Berna II después de agregar remolienda		80

RESUMEN

El estudio metalúrgico con microscopía óptica cualitativa del alimento y productos de flotación de la Planta Concentradora Berna II, en el procesamiento de minerales polimetálicos de Pb - Cu - Ag y Zn, siempre ha tenido la intención de obtener calidades y recuperaciones en la cual, la microscopía óptica cualitativa nos ayuda a implementar nuevas alternativas operacionales como la necesidad de una buena molienda de 50.0% a 55.0% -m200, debido a la alta asociación de Cu/Zn, Zn/Fe. El cual se optaría por la automatización del circuito de molienda-clasificación para un mejor control de la densidad de pulpa y el %-m200, de manera que los circuitos de flotación posteriores quedan habilitados para generar unos concentrados de mayor calidad, luego hacer que las remoliendas generen mejor eficiencia y clasificación el cual se podría obtener una mejor liberación.

El principio anterior, aceptado en el procesamiento del mineral polimetálico Pb - Cu - Ag - Zn, necesita tomar la decisión de aplicar la implementación de un acondicionamiento adecuado previo a los circuitos de flotación de Bulk y Zinc y separación Cu-Pb, el cual ayuda a disminuir el consumo de reactivos.

El presente estudio es una exposición de los parámetros que aplicados en el circuito de molienda-clasificación de la Concentradora Berna II, además, presenta los resultados metalúrgicos–económicos logrados, y los resultados obtenidos servirán de referencia para otras plantas concentradoras que todavía tienen duda sobre la aplicación de la microscopía óptica cualitativa.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

La descripción de los resultados del estudio microscópico de cada fracción incluye los aspectos cualitativos. Durante la observación de las partículas minerales bajo el microscopio se tomaron las siguientes decisiones:

La presencia de partículas de esfalerita con pequeñas inclusiones de calcopirita finamente diseminada se le denominara esfalerita 2 (ef2) y será considerada como una especie diferente a los granos de esfalerita porque su respuesta metalúrgica es distinta ya que generalmente es causa de activación de zinc en flotaciones Bulk.

Las sulfosales de Plata portadores típicos del contaminante Arsénico y Antimonio corresponden a la familia de cobres grises (tetraedrita y tenantita).

Por la importancia que tienen en la respuesta a flotación los sulfuros de hierro serán diferenciados si hubiese entre pirita, pirrotita y arsenopirita.

1.1 Introducción

La Compañía Minera Casapalca S.A., es una empresa que tiene una unidad de producción polimetálica (Pb, Cu, Ag y Zn), en la Planta Concentradora Berna II, donde el proceso metalúrgico es realizado mediante el empleo del método

convencional, el mismo que ha venido suscitando algunas desventajas en el procesamiento de minerales explotados por la empresa minera.

El presente trabajo de investigación, explica desde el punto de vista de la microscopía los conceptos básicos para el enfoque de la metalurgia como apoyo de un gran cambio, el cual va a constituir una nueva aplicación y herramienta eficaz para el proceso de mejoramiento y eficiencia de la Planta Concentradora Berna II, donde se ha establecido un concepto que tiene verdad absoluta en metalurgia: “El procesamiento de minerales es sobre especies mineralógicas y no sobre elementos químicos”. Los siguientes son una serie de casos comunes que se presentan en el procesamiento de minerales por flotación, algunos enfocan las impurezas en los concentrados y otros para mejorar los procesos.

Mediante el presente estudio metalúrgico en la Planta Concentradora Berna II, será objetivo principal de la Compañía Minera Casapalca S.A., la de caracterizar mineralógicamente el alimento y los productos y así obtener las ventajas y beneficios que brinda la microscopía óptica en la minería polimetálica.

Mediante los resultados obtenidos a través del cual tenemos la gran posibilidad de introducirnos con criterio de decisión en operaciones unitarias de procesamiento de minerales tan importantes como la molienda, clasificación y flotación. Desde entonces la microscopía óptica se viene empleando en distintas plantas concentradoras de todo el mundo.

Antes de finalizar debo expresar mi sincero y respetuoso reconocimiento a los Ingenieros que me brindaron su asesoramiento y consejos profesionales ya que el presente trabajo de investigación constituye un esfuerzo académico orientado a mejorar la performance metalúrgica de una planta concentradora de una manera

innovadora utilizando para ello herramientas y conocimientos adquiridas durante mi preparación Universitaria.

1.2 Objetivos

Los objetivos del informe son los siguientes:

1.2.1 Objetivo General

- Caracterizar mineralógicamente las muestras: Cabeza, Concentrados De Plomo, Cobre, Zinc, Relave Final.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las posibles causas del alto desplazamiento de sulfuros de Zinc al circuito Bulk.
- Determinar las posibles causas del alto desplazamiento de sulfuros de Cobre al circuito Zinc.
- Determinar las posibles causas de la baja recuperación y la baja calidad de concentrado de Zinc.
- Presentar alternativas para mejorar el proceso metalúrgico aplicado.

1.3 Justificación

El estudio se justifica bajo los siguientes criterios:

- Los descuentos comerciales del concentrado de cobre, debido al alto contenido de sulfuros de zinc (baja calidad).

- La pérdida de zinc por desplazamiento al bulk, es decir, afectando la recuperación de zinc (baja recuperación económica)
- La pérdida de cobre por desplazamiento al circuito de zinc, es decir, afectando la recuperación de cobre (baja recuperación económica)
- La baja calidad del concentrado de zinc afecta su comercialización.
- La pérdida de zinc por desplazamiento al relave, es decir, afectando la recuperación de zinc (baja recuperación económica)

1.4 Aspectos Preliminares

1.4.1 Aspectos Metalúrgicos Generales

Las muestras analizadas representan la alimentación y productos del mineral Casapalca tratado por flotación, el análisis químico global resultado de las mismas hace posible la confección del siguiente Balance Metalúrgico Teórico:

Tabla N° 1.1 Balance Metalúrgico Teórico

Items	TMS	% Peso	Análisis químico				% Distribución			
			%Cu	%Zn	%Pb	Oz Ag/Tn	%Cu	%Zn	%Pb	%Ag
Cabeza	4800.00	100.00	0.32	3.00	0.08	0.65	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc. Cobre	39.36	0.82	24.09	13.20	2.40	31.98	61.90	3.62	35.62	39.86
Conc. Plomo	1.44	0.03	5.26	3.83	62.81	236.69	0.49	0.04	34.10	10.79
Conc. Zinc	233.76	4.87	1.69	54.87	0.15	2.02	25.79	89.40	13.22	14.95
Relave	4525.44	94.28	0.04	0.22	0.01	0.24	11.82	6.94	17.06	34.39
Cabeza Calc	4800.00	100.00	0.32	2.99	0.06	0.66	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabla N° 1.2 Recuperaciones

%Cu	%Zn	%Pb	Oz Ag/Tn
61.90	89.40	34.10	65.61

Tabla N° 1.3 Radios de concentración

	Cobre	Plomo	Zinc
Radios	121.95	3333.33	20.53

El comentario que merece el balance metalúrgico adjunto es el siguiente:

- El mineral de cabeza Casapalca es típico polimetálico Pb-Zn-Cu con valores económicos de cobre-zinc y contenidos relativamente bajos de plata-plomo.
- El concentrado Plomo tiene elevado radio de concentración (3333) por la baja ley de cabeza y la recuperación de plomo en el concentrado de plomo es de solo 34% por desplazamiento al concentrado de cobre. A pesar de que la ley de plata en el concentrado de plomo es mayor a 200 Oz/TM; la recuperación de plata en este concentrado solo llega al 10%.
- Los valores de plata están contenidos mayormente en el concentrado de cobre; pero el grado de plata en este concentrado es bajo, probablemente diluido por el gran desplazamiento de zinc en el concentrado de cobre.
- El concentrado de zinc tiene relativamente alto contenido de cobre y el grado de zinc en el concentrado Zn es 55%, para el contenido de cobre en cabeza el desplazamiento al concentrado de zinc es alto y representa el 25.7% del cobre total. La recuperación de zinc es del orden de 89%, este valor está dentro del promedio de recuperación en el polimetálico peruano que esta alrededor de 88%.
- Los valores de cobre dan una recuperación de 62% y existe un alto desplazamiento de cobre al concentrado de zinc (25%), esta pérdida necesita ser confirmada por microscopia.

- El relave final se aprecia relativamente alto en valores de plomo, plata.
- La mejora en el proceso metalúrgico aplicado al mineral en estudio según el balance metalúrgico, radicará en disminuir el desplazamiento de cobre al concentrado de zinc e incrementar la recuperación de plomo disminuyendo el desplazamiento de plomo al concentrado de cobre durante la separación y evitando pérdidas de plomo en el relave final.

1.4.2 Recuperación por Mallas

Con el análisis químico por fracciones de malla en cabeza y relave es posible determinar la recuperación expresada como la diferencia de leyes entre cabeza y relave dividido entre la ley de cabeza, multiplicado por 100 y para cada fracción de tamaño; el resultado se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 1.4 Recuperación de elementos por mallas

Descripción	Recuperación de Elementos por Mallas				
	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
Malla 70	82.1	66.67	78.5	79.2	42.6
Malla 100	92.7	71.43	85.0	66.7	67.5
Malla 140	96.7	0.00	91.8	48.9	54.0
Malla 200	96.9	0.00	89.7	19.6	-7.7
Malla 325	97.4	57.14	89.7	53.8	-5.5
Malla -325	92.4	50.00	90.9	76.5	7.7
Promedio	93.0	40.9	87.6	57.5	26.4
Desviación Estándar	5.79	32.53	5.04	22.09	32.38
Limite inferior	87.25	8.35	82.56	35.36	-5.95
Limite superior	98.82	73.40	92.64	79.54	58.82

De la tabla anterior se hace el comentario siguiente:

- La flotación de valores de zinc es óptima en todas las fracciones de malla.
- La flotación de plomo es irregular en especial en mallas flotables como 140 y 200 Tyler.
- Los valores de plata se recuperan irregularmente en toda la distribución granulométrica.
- El elemento hierro tiene algunas mallas con recuperación negativa (malla 200 y 325) es necesario revisar el reporte de laboratorio Químico.
- La recuperación de valores Cu-Zn en las mallas finas (<m325) es buena no ocurre lo mismo con los valores de plomo.

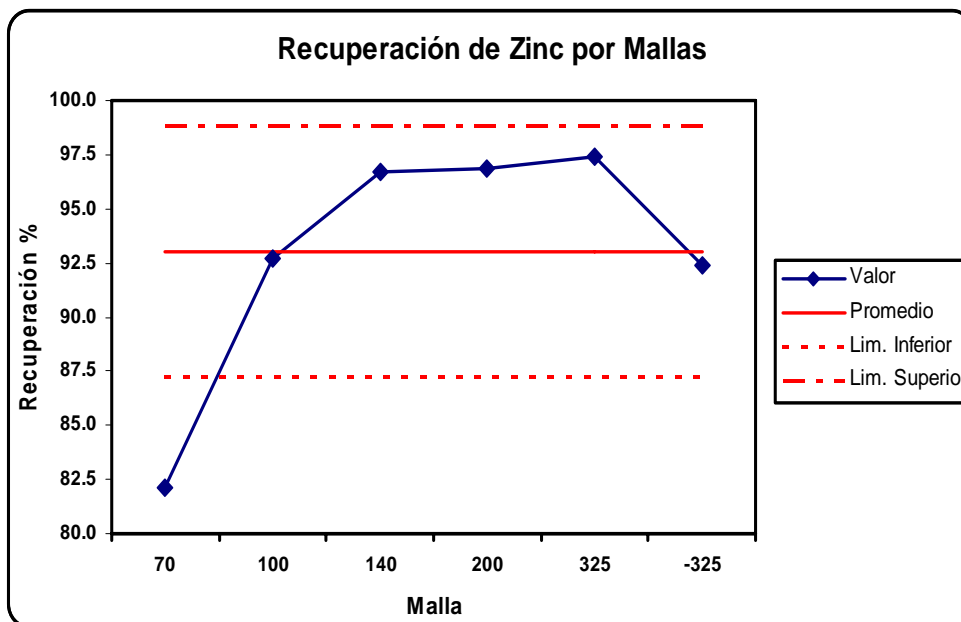


Figura N°1.1 Límites de Control en la recuperación de zinc por mallas.

Se aprecian las mallas gruesas con recuperaciones fuera de límite de control, es importante el criterio porque si bien la banda es ajustada, la recuperación de gruesos es sensiblemente menor que en las otras mallas.

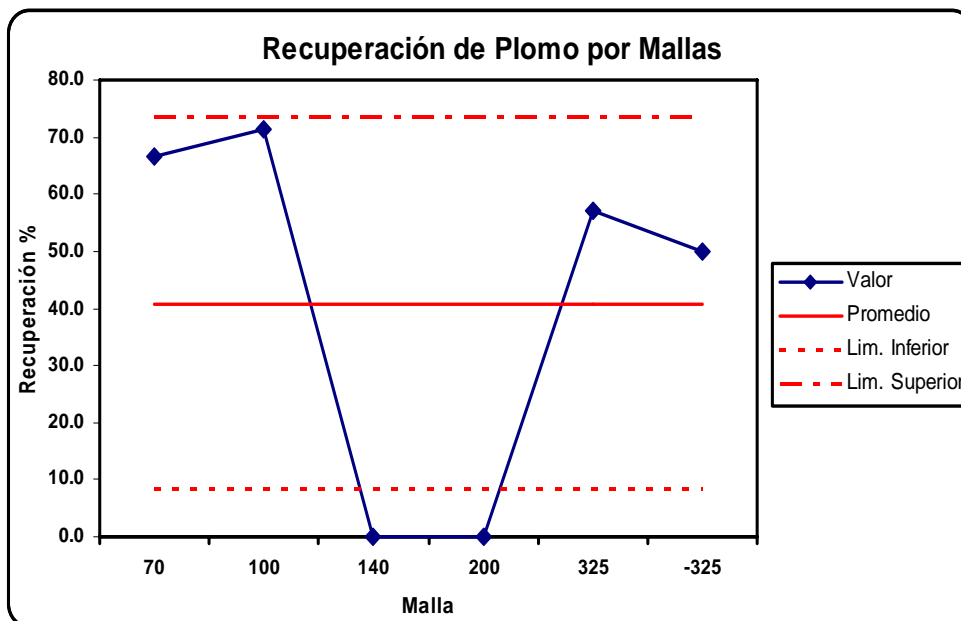


Grafico N° 1.2 Límites de Control en la recuperación de plomo por mallas.

Se aprecian la irregularidad en especial en tamaños intermedios (malla 140 y 200 Tyler) que deberían flotar muy bien.

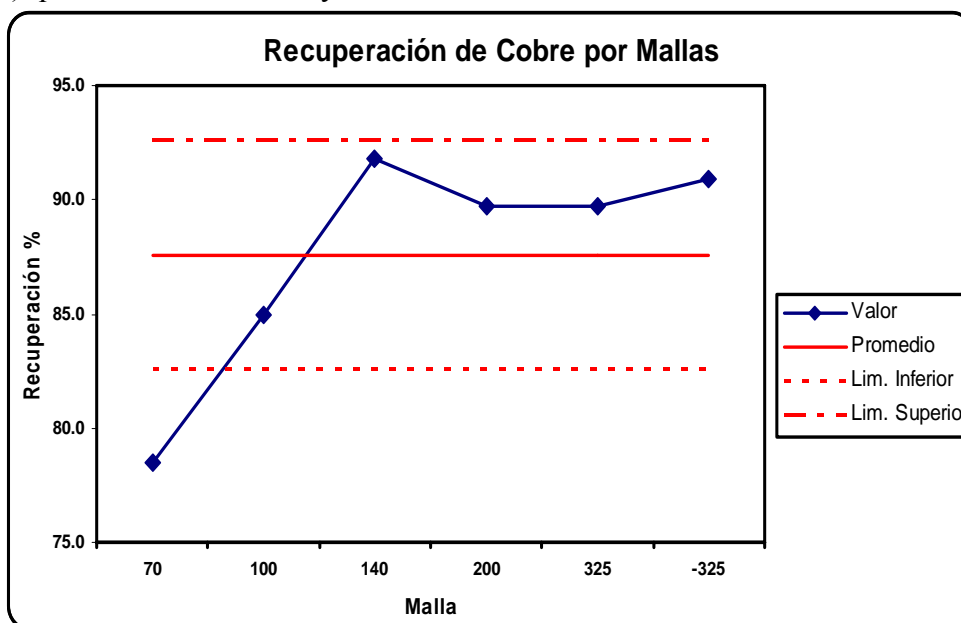


Grafico N° 1.3 Límites de Control en la recuperación de cobre por mallas.

Se aprecian las mallas gruesas con recuperaciones fuera de limite de control, pero en general la banda de dispersión es baja por lo que la flotación de cobre es optima en todas las mallas el problema es que el cobre se desplaza al zinc.

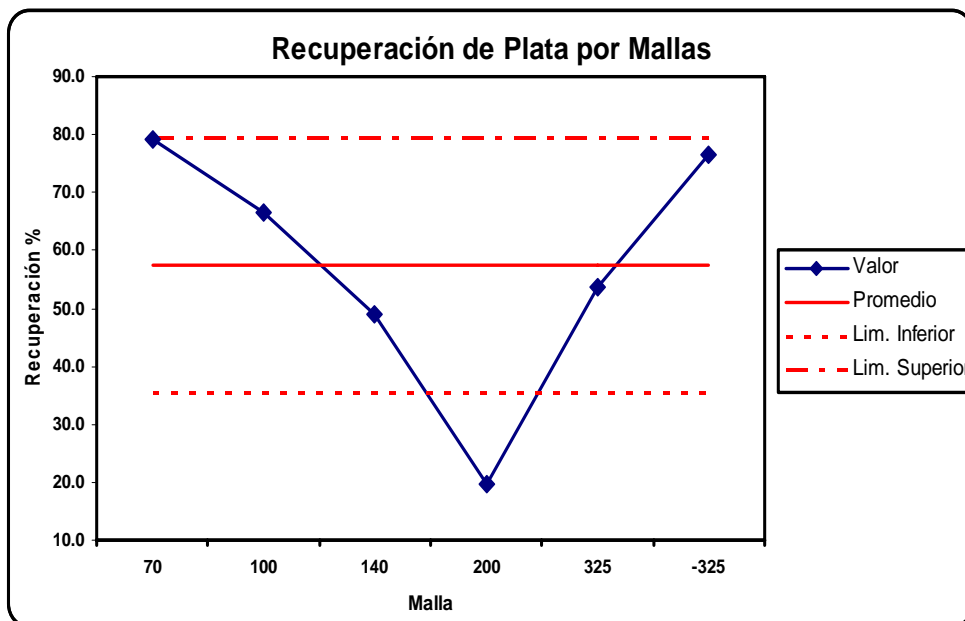


Grafico N° 1.4. Límites de Control en la recuperación de plata por mallas.

Se aprecian irregularidad en la recuperación en especial en mallas flotables como 200 Tyler.

CAPITULO II

REGRESION LINEAL ENTRE ELEMENTOS QUIMICOS, MICROSCOPIA OPTICA CUALITATIVA E INTERPRETACION METALURGICA

2.1 Cabeza de Mineral

2.1.1 Identificación de la Muestra

El análisis químico de la muestra total tiene el siguiente resultado:

Tabla N° 2.1 Análisis Químico Cabeza de Mineral Casapalca

ANÁLISIS QUÍMICO				
%Zn	%Pb	%Cu	Ag (oz/Tn)	%Fe
3.06	0.10	0.32	0.65	2.98

Es un mineral polimetálico con valores económicos cobre-zinc, baja ley de plomo-plata y es importante observar que el mineral no tiene alta ley de hierro en cabeza.

2.1.2 Análisis Valorado por Mallas

Para establecer relaciones entre elementos químicos por regresión lineal, las fracciones que resultan del análisis granulométrico y que se confeccionaran

probetas pulidas, también fueron analizadas químicamente, el resultado está en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2.2 Análisis Valorado Por Mallas

Descripción	%Peso	ANÁLISIS QUÍMICO					% DISTRIBUCIÓN				
		%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/Tn	%Fe	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
malla 70	22.2	1.23	0.06	0.14	0.24	1.08	8.9	13.6	9.6	8.2	8.1
malla 100	9.4	2.47	0.07	0.22	0.33	2.43	7.6	6.7	6.4	4.7	7.7
malla 140	8.9	3.34	0.07	0.31	0.45	4.13	9.6	6.3	8.5	6.1	12.3
malla 200	8.0	3.21	0.10	0.29	0.56	3.51	8.4	8.2	7.2	6.9	9.5
malla 325	9.9	4.17	0.14	0.39	0.78	4.16	13.5	14.2	11.9	11.8	13.9
malla -325	41.5	3.83	0.12	0.44	0.98	3.49	51.9	50.9	56.4	62.3	48.7
Ley Calculada	100.0	3.06	0.10	0.32	0.65	2.98	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Una opinión sobre la granulometría del mineral de cabeza Casapalca - alimento a flotación- es que los valores por encima de la malla 70 son altos entonces la fracción 22.2 % +m70 es un parámetro a considerar y no concuerda con el otro extremo de la distribución en que la fracción menos malla 200 es 51.4%, luego el producto alimentado a flotación tiene un rango regular en la malla menos 200, frecuente en la flotación de minerales polimetálicos Pb-Cu-Zn-Ag.

2.1.3 Regresiones entre Elementos

El resultado de regresión entre elementos químicos se adjunta en el anexo correspondiente, el resumen de correlación y estadístico “t-student” se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla N° 2.3 Regresión entre Elementos

	Correlación	t-Student
Zinc-Plomo	0.69	3.36
Zinc-Cobre	0.89	6.30
Zinc-Plata	0.71	3.46
Zinc-Hierro	0.88	6.19
Plomo-Cobre	0.72	3.55
Plomo-Plata	0.79	4.38
Plomo-Hierro	0.40	1.84
Cobre-Plata	0.92	7.59
Cobre-Hierro	0.66	3.11
Plata-Hierro	0.41	1.85

Considerando un valor estadístico t positivo y mayor de 2 (en verde) como una probable relación mineralógica y por el contrario; si el signo es negativo (en amarillo según sea el caso), un resultado de desplazamiento por el proceso de concentración, el análisis de la tabla anterior nos indica lo siguiente:

- La correlación más alta se aprecia entre cobre-plata (+7.59) estaría indicando que habría la presencia de cobres grises (tetraedrita).
- La siguiente correlación importante es Cobre-Zinc (+6.30) que estaría indicando importantes amarres de esfalerita con calcopirita que podrían ser liberables o muy íntimos por diseminación de partículas finas de calcopirita en esfalerita conocido como ef2 (esfalerita del tipo 2).
- Otra correlación importante es Zinc-Hierro (+6.19) que podría alcanzar a la calidad de “zinc marmatítico” porque la ley de hierro en cabeza es baja.

- Una correlación importante es plomo-plata (+4.38) que estaría indicando la presencia de galena argentífera o amarres de galena con cobres grises.
- Las siguientes correlaciones importantes zinc-plomo (+3.36), plomo-cobre (+3.55) y Zinc-plata (+3.46) estarían refiriéndose a mixtos o amarres de especies importantes en el primer caso de galena/esfalerita, el segundo caso galena con calcopirita o cobres grises y en el tercer caso amarres de esfalerita con cobres grises.
- Finalmente la correlación cobre-hierro (+3.11) estaría indicando que existe calcopirita (CuFeS_2) como especie importante en el concentrado de cobre.

La información preliminar anterior proporciona la ruta para iniciar el trabajo de microscopia en las distintas mallas del mineral de cabeza calidad Casapalca.

2.1.4 Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica

El examen de las probetas pulidas indica la presencia de las siguientes especies minerales (mayor presencia, menor y escasa), fórmula química abreviatura y peso específico:

Tabla N° 2.4 Descripción cualitativa de especies minerales

Nombre	Abreviatura	Formula Química	Peso Especifico
<u>Especies Mayores</u> Gangas	GGs	Variado	2.7
<u>Especies Menores</u> Esfalerita	ef	ZnS	4.2
Esfalerita 2	ef 2	ZnS-CuFeS ₂	4.2
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4.2
Cobres grises	CuGRs	CuSbAs,S,Ag	4.8
Pirita	py	FeS ₂	5.0
<u>Especies Escasas</u> Galena	gn	PbS	7.2
Arsenopirita	apy	FeSAs	5.0

Una descripción cualitativa bajo el microscopio de la muestra cabeza de mineral Casapalca es la siguiente:

Se observa esfalerita como mena de zinc, muchas de ellas con diseminación de calcopirita conocida especie denominada esfalerita tipo 2. En la malla grueso +70 se aprecian gangas en amarre con ef2, poca galena, cobres grises y calcopirita poco libres y mayormente amarradas con gangas. A medida que va disminuyendo el tamaño se aprecian liberación de valores desde la malla 140, entonces disminuyen los mixtos con gangas y aparecen importantes partículas libres de esfalerita, esfalerita 2, calcopirita y cobres grises, además es notorio amarres galena/esfalerita; cobres grises/esfalerita; a pesar de la liberación en las mallas finas se nota diseminación de esfalerita y cobres grises en gangas. Con la disminución del tamaño en el mineral de cabeza es posible apreciar que la esfalerita es mayormente ef del tipo 2 con gran diseminación de calcopirita, este asunto es notorio e importante para ser considerado en el comportamiento metalúrgico ya que si su presencia en más

del 20% del total de esfalerita ocasiona activación de zinc en flotación bulk. La mena de cobre es mayormente calcopirita y en menor cantidad cobres grises portadores de plata, se aprecia muy poca covelita o cobre secundarios. Respecto de los sulfuros de hierro, la mayor parte son pirita y muy poca arsenopirita, como aspecto importante se resalta que no se aprecia pirrotita que es un sulfuro de hierro fuertemente dañino en flotación por quitar oxígeno libre a las pulpas del sistema y bloquear la acción de colectores de flotación del tipo xantato.

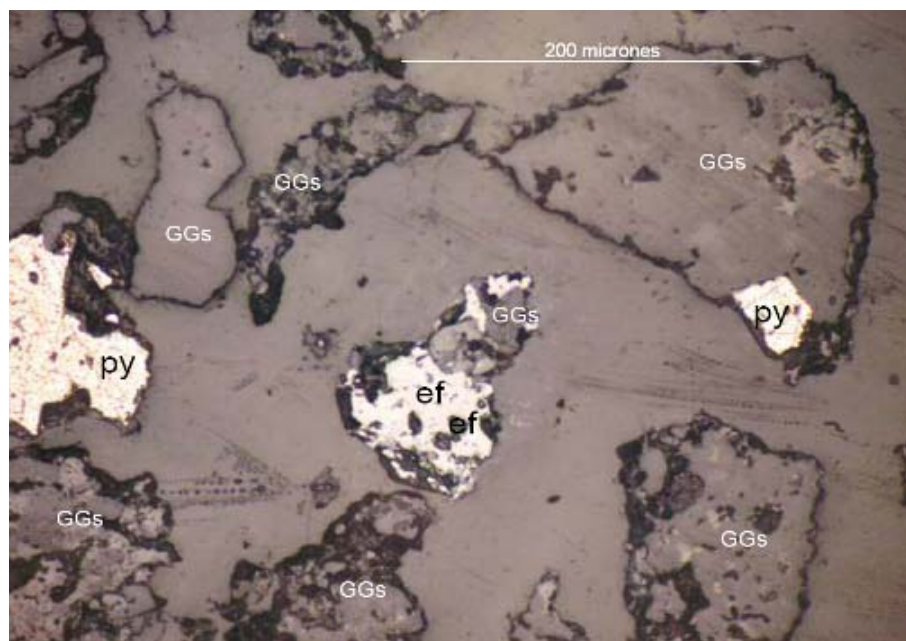


Figura N° 2.1 Vista de mineral a malla +70.

En las fracciones gruesas del mineral de cabeza de Casapalca se observan mixtos esfalerita con gangas, gangas libres y también piritas con gangas.

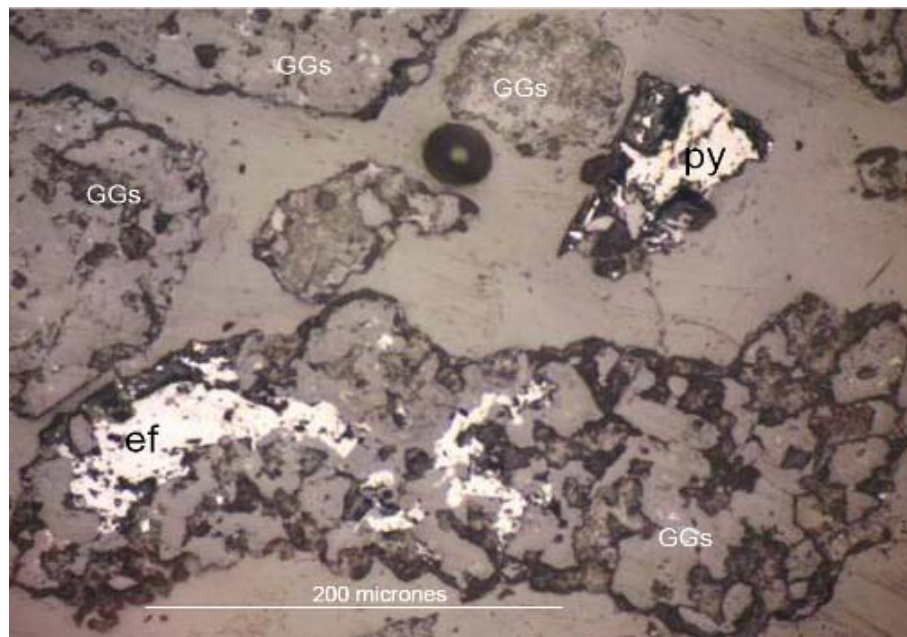


Figura N° 2.2 Vista de mineral a malla +70.

Se muestra la calidad del amarre de la esfalerita con gangas, si bien es bastante definido y liberable también se observan algunas pequeñas inclusiones de esfalerita en matriz de ganga.

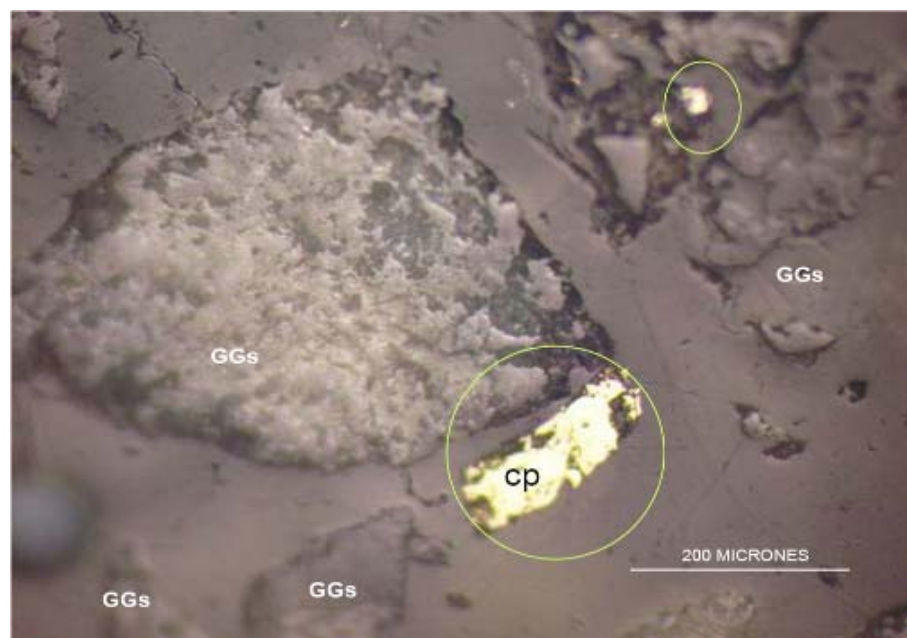


Figura N° 2.3 Calcopirita libre.

Se aprecia una calcopirita libre y más arriba una especie similar pero depositada en una matriz de ganga.

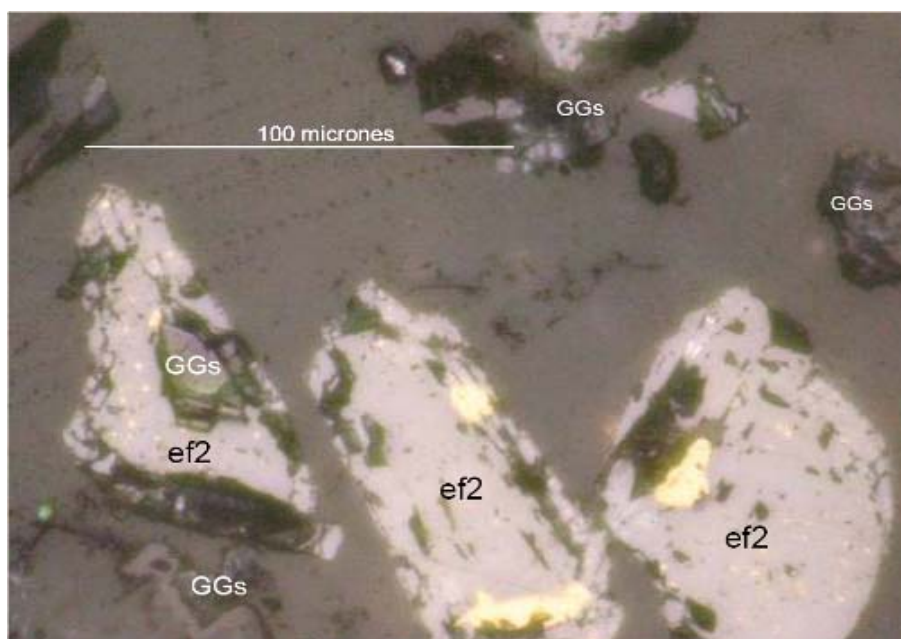


Figura N° 2.4 Vista de mineral a malla 140

Se aprecian tres partículas de esfalerita del tipo 2 (con inclusiones de calcopirita; a la izquierda amarrada con ganga y las dos laterales libres).

2.2 Concentrado de cobre Casapalca

2.2.1 Identificación de la Muestra

El análisis químico de la muestra total tiene el siguiente resultado:

Tabla N° 2.5 Identificación de la muestra

ANÁLISIS QUÍMICO				
%Zn	%Pb	%Cu	Ag (oz/Tn)	%Fe
12.91	2.24	24.07	31.96	23.66

Según el análisis químico el concentrado de Cobre en estudio es de ley regular en cobre, el plomo es bajo por la baja ley de cabeza y el desplazamiento de zinc -12.91 %Zn- es bastante alto considerando una cabeza de zinc entre 3 a 4% Zn. La ley de Plata en el concentrado de cobre

es baja y corresponde a un concentrado mayormente de calcopirita y pocos cobres grises.

2.2.2 Análisis Valorado por Mallas

Para establecer relaciones entre elementos químicos por regresión lineal se confeccionaran probetas pulidas, las fracciones que resultan del análisis granulométrico del concentrado de Cobre que fueron analizadas químicamente por el cliente, el resultado está en la tabla siguiente:

Tabla N° 2.6 Análisis Valorado Por Mallas

Descripción	%Peso	ANÁLISIS QUÍMICO					% DISTRIBUCIÓN				
		%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/Tn	%Fe	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
mallá 200	4.3	5.34	8.86	23.38	39.27	24.90	1.8	15.4	4.2	5.3	4.5
mallá 270	8.0	8.00	3.80	24.90	28.06	22.86	5.1	12.3	8.3	7.0	7.7
mallá 325	5.3	10.08	2.62	24.76	25.79	21.47	4.3	5.6	5.4	4.3	4.8
mallá -325	82.4	13.50	2.00	24.00	32.38	23.80	88.8	66.7	82.1	83.4	82.9
Ley Calculada	100.0	12.53	2.47	24.09	31.98	23.65	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Es notorio que el concentrado de Cobre es un producto muy fino alcanzando 85% -mallá 325 y la fracción +mallá 200 solo 4.3%. La distribución por mallas del contaminante zinc corresponde mas a finos que a gruesos; en la flotación bulk se presentará entonces abundante lama de zinc como contaminante; es probable que el zinc desplazado al concentrado de cobre disminuya la ley de plata. El plomo en el concentrado de cobre se encuentra mayormente en las fracciones relativamente gruesas (mallá 200)

2.2.3 Regresiones entre Elementos

El resultado de la regresión entre elementos químicos se adjunta en el anexo correspondiente, el resumen de correlación y estadístico “t-student” se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.7 Regresión Entre Elementos

	Correlación	t-Student
Zinc-Plomo	0.78	-3.29
Zinc-Cobre	0.03	0.32
Zinc-Plata	0.14	-0.69
Zinc-Hierro	0.06	-0.43
Plomo-Cobre	0.38	-1.36
Plomo-Plata	0.57	1.99
Plomo-Hierro	0.38	1.36
Cobre-Plata	0.92	-5.99
Cobre-Hierro	0.79	-3.34
Plata-Hierro	0.91	5.63

Considerando un valor estadístico t positivo y mayor de 2 como una probable relación mineralógica y, por el contrario; si el signo es negativo, un resultado de desplazamiento por el proceso de concentración, el análisis de la tabla anterior nos indica lo siguiente:

- Poco relevante pero a mayor cantidad de zinc, la ley de plomo en el concentrado de cobre será menos (-3.32).
- La relación Plomo-Plata está muy cerca de 2 (+1.93) entonces parte de plata ensayada en el concentrado de cobre se debería a galena argentífera desplazada al concentrado de cobre.

- La correlación entre ley de cobre y plata es inversa (-5.93), según esta información estadística en estas circunstancias no habrían muchos cobres grises que justifiquen que a mayor presencia de cobre se tenga mejor contenido de plata; confirmaría que el concentrado de cobre es mayormente calcopirita.
- Cobre-Hierro es una correlación inversa pero poco significativa si se considera que la ley de hierro en el concentrado de cobre es prácticamente similar a la ley de cobre y esto ocurre cuando se tiene calcopirita como especie mineralógica principal.
- Plata-Hierro, una correlación positiva e importante (+5.59) estaría indicando la posibilidad de piritas argentíferas o piritas amarradas con cobres grises, debe ser confirmado en microscopia.
- La información preliminar anterior proporciona la ruta para iniciar el trabajo de microscopia en el concentrado Cobre de calidad Casapalca.

2.2.4 Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica

El examen de las probetas pulidas indica la presencia de las siguientes especies minerales (mayor presencia, menor y escasa), fórmula química abreviatura y peso específico:

Tabla N° 2.8 Descripción Cualitativa

Nombre	Abreviatura	Formula Química	Peso Especifico
<u>Especies Mayores</u>			
Esfalerita	ef	ZnS	4.2
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4.2
<u>Especies Menores</u>			
Esfalerita 2	ef 2	ZnS-CuFeS ₂	4.2
Galena	gn	PbS	7.2
Cobres grises	CuGRs	CuSbAs,S,Ag	4.8
Pirita	py	FeS ₂	5.0
Gangas	GGs	Variado	2.7
<u>Especies Escasas</u>			
Arsenopirita	apy	FeSAs	5.0

Una descripción cualitativa bajo el microscopio, de la muestra concentrado de Cobre calidad Casapalca indica:

Cualitativamente el concentrado observado está compuesto mayormente por calcopirita; las mallas gruesas (+200) muestran calcopirita, galena y cobre gris libres, además pirita y esfalerita de ambos tipos (normal y ef2); los mixtos más importantes en esta fracción son de esfalerita/calcopirita; se aprecia pocas gangas y también pocos mixtos de gangas con calcopirita; en general se nota un exceso de galena libre y pocas partículas de cobres grises. En las fracciones más finas (m270 y 325) se aprecia que disminuye la galena libre e incrementan la presencia de esfalerita libre de ambos tipos; se confirma nuevamente abundante calcopirita y menor cantidad relativa de cobres grises; persiste la presencia de amarre calcopirita/esfalerita; esto es importante porque también se sigue confirmando que hay bastante esfalerita con inclusiones de calcopirita (ef2); pocas gangas y también pocos mixtos de gangas con calcopirita. Una apreciación es que los contaminantes visibles son galena y esfalerita mayormente libre, poca pirita y gangas. Importante no

haber observado pirrotita ni arsenopirita, entonces el arsénico del concentrado podría tener origen en lo poco que hay de cobres grises (tetraedrita y tenantita). Si hay una oportunidad de mejora en el concentrado de cobre es disminuyendo el zinc desde el Bulk y haciendo una mejor separación de Pb-Cu

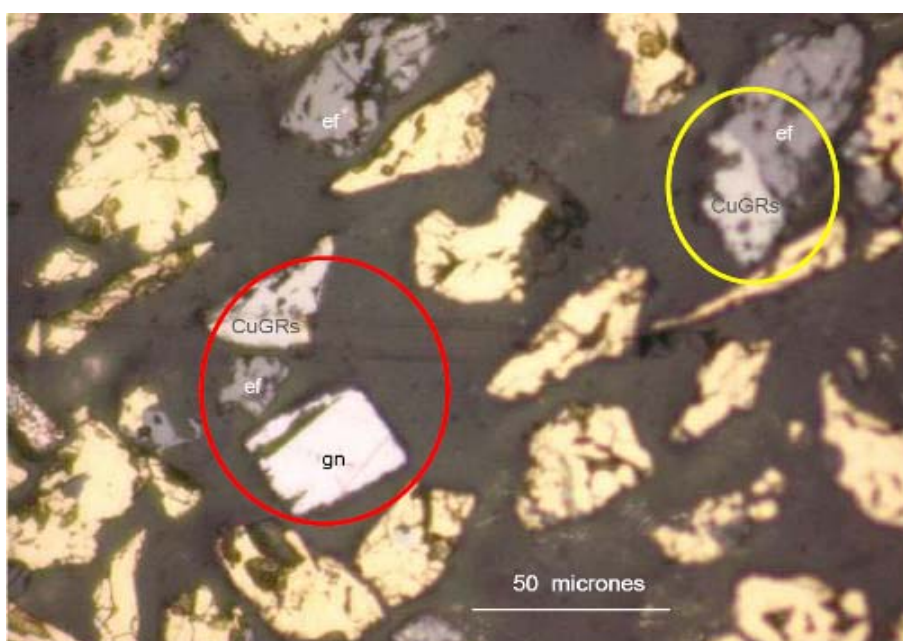


Figura N° 2.5 Vista de mineral a malla +270.

El concentrado de cobre encerrado en el círculo rojo se aprecia fácilmente galena, esfalerita y cobre gris; en la parte superior derecha encerrada en el círculo amarillo un mixto de cobre gris con esfalerita. En la parte superior central una partícula libre de esfalerita. Todo el resto de partículas de tono amarillo son calcopirita.

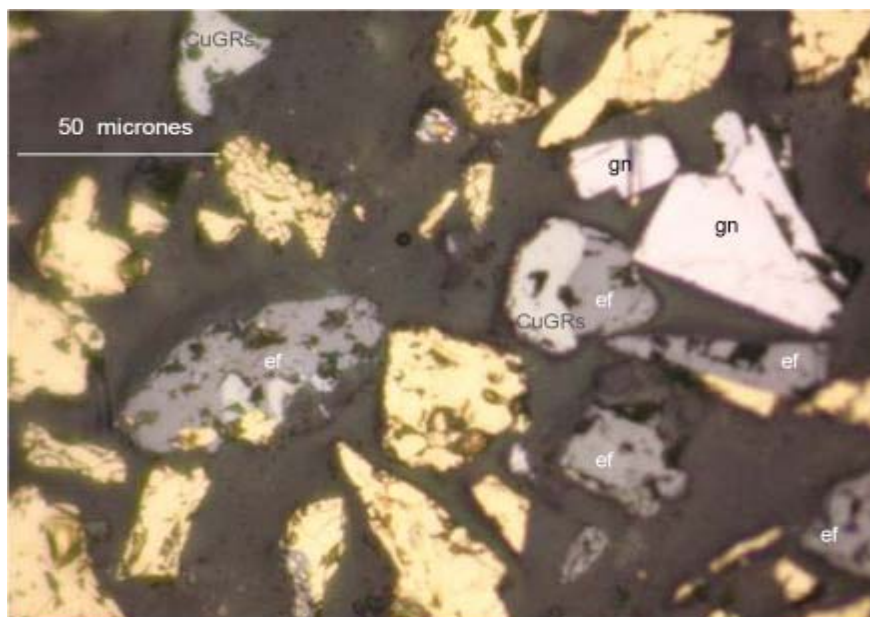


Figura N° 2.6 Vista de mineral a malla +200

Las partículas amarillas son calcopirita, es notorio apreciar una partícula mixta triple de esfalerita/cobre gris/calcopirita, otra mixta de esfalerita/cobre gris; a la derecha y color blanco dos partículas libres de galena, arriba una partícula libre de cobre gris. También se aprecian esfaleritas libres.

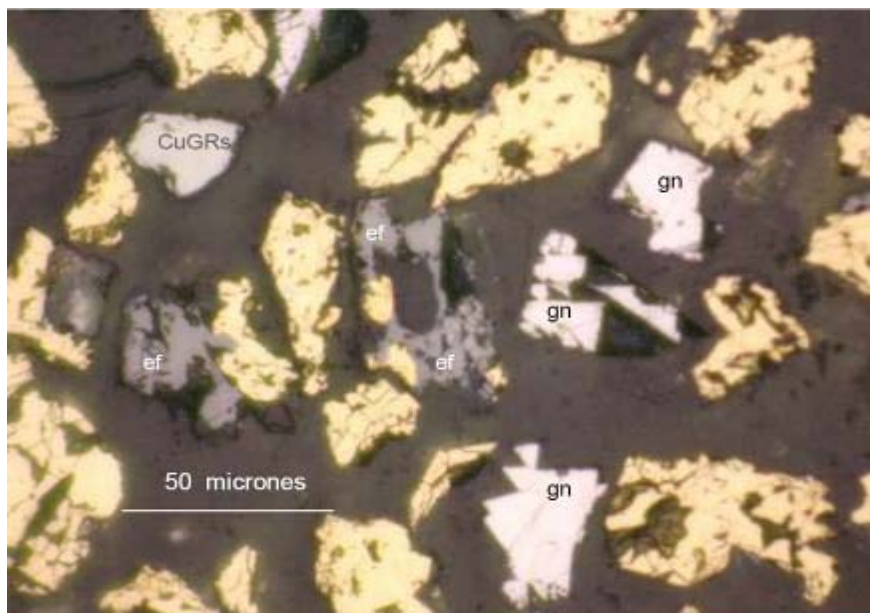


Figura N° 2.7 Vista del concentrado

El concentrado de cobre con tres partículas notoriamente libres de galena, una de cobre gris y mixtos esfalerita/calcopirita. Se confirma que el concentrado de cobre es mayormente calcopirita y que existe alto desplazamiento de esfalerita y galena

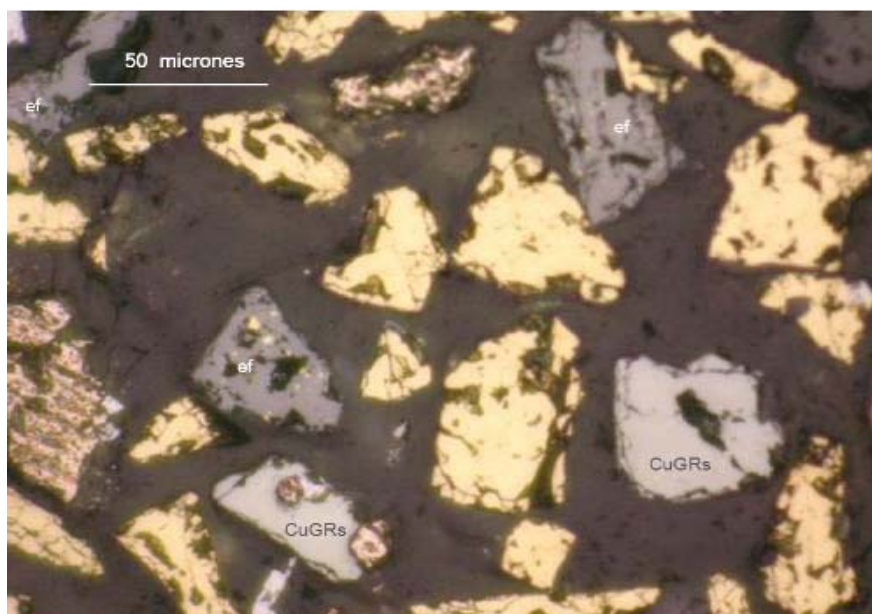


Figura No. 2.8 Una vista el concentrado de cobre malla fina menor a malla 270

Se aprecian calcopirita libre (tono amarillo), a la derecha una partícula libre de cobre gris, a la izquierda cobre gris en amarre con pirita, más arriba una partícula de esfalerita 2 (inclusiones de calcopirita); a la izquierda una partícula de pirita en el borde galena en un mixto muy amarrado.

2.3 Concentrado de Plomo

2.3.1 Identificación de la Muestra

El análisis químico de la muestra total tiene el siguiente resultado:

Tabla N° 2.9 Identificación de la muestra

ANÁLISIS QUÍMICO				
%Zn	%Pb	%Cu	Ag (oz/Tn)	%Fe
3.83	62.81	5.26	236.79	5.08

Según el análisis químico este es un buen concentrado de Plomo por la alta ley de Pb y plata que llega a pasar 200 Oz/TM, si asumimos que es un producto de separación por flotación debemos señalar que tiene alto cobre

pero probablemente la calidad del cobre le entregue calidad en plata por lo que no sería un tema importante. El zinc es relativamente bajo y la ley de hierro alto considerando que la cabeza solo llega a 2.89%Fe.

La recuperación de plomo es solo 15%; poco concentrado probablemente se debe a la baja ley de plomo en cabeza; entonces la metalurgia del bulk Pb-Cu debe ser muy selectiva.

2.3.2 Análisis Valorado por Mallas

Para establecer relaciones entre elementos químicos por regresión lineal se confeccionaran probetas pulidas de las fracciones que resultan del análisis granulométrico del concentrado Plomo, que fueron analizadas químicamente, el resultado está en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2.10 Análisis valorado por mallas

Descripción	%Peso	ANÁLISIS QUÍMICO					% DISTRIBUCIÓN				
		%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/Tn	%Fe	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
malla 200	1.6	3.98	63.88	2.98	167.48	6.70	1.7	1.6	0.9	1.1	2.1
malla 270	5.4	2.74	73.56	1.70	155.23	3.74	3.9	6.3	1.7	3.5	4.0
malla 325	4.6	2.90	73.38	1.80	197.40	3.59	3.5	5.4	1.6	3.8	3.3
malla -325	88.4	3.94	61.58	5.70	245.13	5.21	91.0	86.7	95.8	91.5	90.7
Ley Calculada	100.0	3.83	62.81	5.26	236.84	5.08	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Es importante anotar que el concentrado Plomo es un producto bastante fino, alcanzando 88.4% menos la malla 325 (45 micrones); la granulometría fina no es concordante con la granulometría regular del mineral de cabeza alimento de flotación, diría que este producto es distinto a un concentrado normal de galena y debe tener muchas dificultades al ser filtrado.

Casi todos los elementos están mayormente distribuidos en los finos, el estudio al microscopio será una proyección hacia esa mayor presencia de material en tales fracciones de tamaño.

2.3.3 Regresiones entre Elementos

El resultado de la regresión entre elementos químicos se adjunta en el anexo correspondiente, el resumen de correlación y estadístico “t-student” se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.11 Regresión entre Elementos

	Correlación	t-Student
Zinc-Plomo	0.96	-8.57
Zinc-Cobre	0.64	2.33
Zinc-Plata	0.28	1.09
Zinc-Hierro	0.79	3.33
Plomo-Cobre	0.81	-3.55
Plomo-Plata	0.41	-1.44
Plomo-Hierro	0.64	-2.30
Cobre-Plata	0.76	3.12
Cobre-Hierro	0.21	0.89
Plata-Hierro	0.01	0.15

Considerando un valor estadístico t positivo y mayor de 2 como una probable relación mineralógica y, por el contrario; si el signo es negativo, un resultado de contaminación por el proceso de concentración, el análisis de la tabla anterior nos indica lo siguiente:

- Una relación relevante es cobre-plata (+3.12) indica que a mayor desplazamiento de cobre en el concentrado de plomo mayor será la ley de plata.
- La segunda correlación en importancia es Zinc-Hierro (+3.33) indica posibilidad de que el desplazamiento de zinc tenga relación con piritas desplazadas al concentrado de plomo; esto debe ser confirmado con microscopía óptica (MO).
- Una correlación positiva importante es Zinc-Cobre (+2.33), un asunto observado en general respecto de la mineralogía de Casapalca y que estaría confirmando que la relación esfalerita-calcopirita (ef2) es una presencia frecuente.
- Respecto de los contaminantes es posible observar que la relación Zinc-Plomo es significativa (-8.57), a mayor desplazamiento de zinc menor ley de plomo en el concentrado de plomo; este es un tema común en concentrados de separación Pb-Cu cuya limpieza depende mucho de la menor o mayor activación de zinc en el bulk.
- Mayores desplazamientos de Cobre (-3.55) y Hierro (-2.31) en el concentrado de plomo disminuirán el grado en plomo.
- La información preliminar anterior proporciona la ruta para iniciar el trabajo de microscopía en el concentrado Plomo de Casapalca.

2.3.4 Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica

El examen de las probetas pulidas indica la presencia de las siguientes especies minerales (mayor presencia, menor y escasa), fórmula química abreviatura y peso específico:

Tabla N° 2.12 Descripción Cualitativa

Nombre	Abreviatura	Formula Química	Peso Especifico
<u>Especies Mayores</u>			
Galena	gn	PbS	7.2
<u>Especies Menores</u>			
Esfalerita	ef	ZnS	4.2
Esfalerita 2	ef 2	ZnS-CuFeS ₂	4.2
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4.2
Cobres grises	CuGRs	CuSbAs,S,Ag	4.8
Pirita	py	FeS ₂	5.0
<u>Especies Escasas</u>			
Gangas	GGs	Variado	2.7
Arsenopirita	apy	FeSAs	5.0

Una descripción cualitativa bajo el microscopio, de la muestra de concentrado Plomo calidad Casapalca indica:

El concentrado de plomo se presenta como galena bastante definida y libre; también se observa desplazamientos de calcopirita y pirita, hay mixtos importantes de galena con calcopirita y esfalerita. A medida que los tamaños disminuyen en malla (270 y 325) se aprecian galenas más definidas y también cobres grises; algunos de los mixtos más importantes son galena/cobre gris y también se tiene presencia de esfalerita y esfalerita 2 libres.

También es importante remarcar que se aprecian importantes mixtos de pirita/galena y esfalerita/galena y a medida que se disminuye el tamaño de partícula incrementan las partículas libres de calcopirita pirita y esfalerita libre.

En general se tiene pocas gangas libres o en mixtos. Es muy importante reportar no haber observado pirrotita (sulfuro de hierro), tampoco desplazamientos de cobre tipo covelita o cobre secundario que podría generar calcantita o sulfato de cobre natural que sería causante de activación de zinc en la flotación bulk. Tampoco se tiene presencia de arsenopirita por lo que el probable análisis de arsénico del concentrado de plomo tendría origen en los cobres grises.

En general se aprecia un concentrado de plomo limpio y que tiene desplazamiento favorable de cobres grises que le da calidad en ley de plata; el desplazamiento indebido por calcopirita y esfalerita ambos están libres o en mixtos con galena; por la poca presencia de gangas se prevé que este concentrado de plomo ensayara poco insoluble.

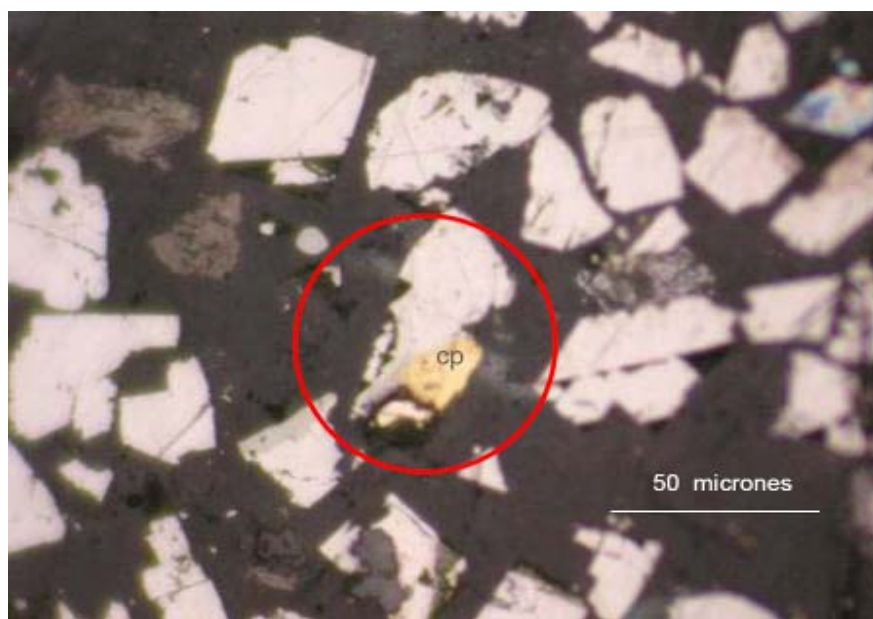


Figura N° 2.9 Vista de la malla +270 del concentrado de plomo.

El círculo encierra un amarre de galena con calcopirita y pirita, abajo y en tono gris se observa un amarre de esfalerita con galena el mismo mixto a la derecha del círculo. A la izquierda una partícula libre de ef2. El resto de partículas blancas son galenas libres.

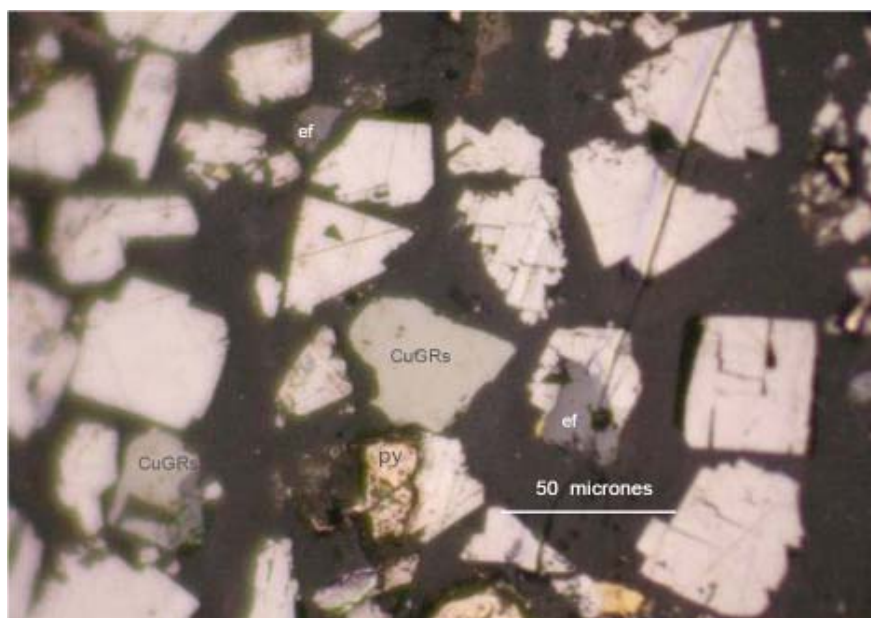


Figura N° 2.10 Concentrado de plomo con abundante partículas libres de galena

Se aprecia una partícula libre de cobre gris, a la derecha un mixto de galena con esfalerita; debajo un mixto frecuente de pirita/galena, a la izquierda un mixto de cobre gris con esfalerita, la presencia de cobre gris explicaría el contenido de plata en el concentrado de plomo.



Figura N° 2.11 Vista de malla 200 valores libres de galena

Encerrados en círculo rojo dos mixtos notables de galena con pirita; note que son coronas de galena bordeando la pirita; explicaría la alta ley de hierro en el concentrado de plomo. También en la parte inferior se aprecia un mixto de calcopirita con esfalerita.

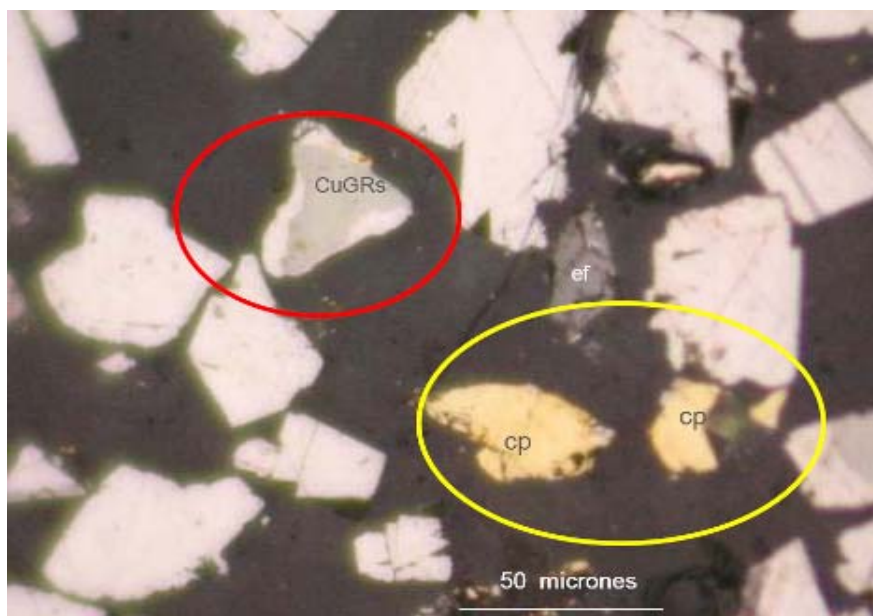


Figura N° 2.12 Vista de malla fina.

Con valores liberados de galena y cobre como calcopirita libre y otra de esfalerita (círculo amarillo). Encerrado en círculo rojo un mixto notable de cobre gris con galena que explica el contenido de plata en el concentrado de plomo. Las partículas blancas son galenas que son mayormente libres.

2.4 Concentrado de Zinc

2.4.1 Identificación de la Muestra

El análisis químico de la muestra tiene el siguiente resultado:

Tabla N° 2.13 Identificación de la muestra

ANÁLISIS QUÍMICO				
%Zn	%Pb	%Cu	Ag (oz/Tn)	%Fe
56.87	0.15	1.69	2.02	3.46

El análisis químico del concentrado de zinc indica un producto de alta ley (56.87%Zn) relativo a los grados de concentrados típicos peruanos: por la baja ley de cabeza el plomo desplazado es poco; el elemento que si se aprecia bastante alto es Cobre (1.69%Cu) y también el Hierro se aprecia relativamente alto (3.46%Fe) porque la ley de cabeza en hierro es menor a 3%. La ley de plata desplazada no es alta y por ello no pagable en este concentrado.

2.4.2 Análisis Valorado por Mallas

Para establecer relaciones entre elementos químicos por regresión lineal se confeccionaran probetas pulidas, las fracciones que resultan del análisis granulométrico del concentrado de zinc calidad Casapalca que también fueron analizadas químicamente por el cliente, el resultado está en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2.14 Análisis Valorado Por Mallas

Descripción	%Peso	ANÁLISIS QUÍMICO					% DISTRIBUCIÓN				
		%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/Tn	%Fe	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
malla 200	3.2	50.68	0.32	3.00	2.98	3.31	2.9	6.8	5.7	4.7	3.1
malla 270	6.0	56.20	0.38	1.90	2.23	3.09	5.9	15.2	6.7	6.6	5.4
malla 325	4.5	57.42	0.30	1.82	1.69	3.51	4.5	9.0	4.8	3.8	4.6
malla -325	86.3	57.12	0.12	1.62	1.99	3.49	86.7	69.0	82.7	84.9	87.0
Ley Calculada	100.0	56.87	0.15	1.69	2.02	3.46	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Según la distribución granulométrica del concentrado de zinc, la ley se mantiene independiente del análisis de hierro-plomo y plata en todas las fracciones de tamaño; el elemento que si tiene influencia en el grado de concentrado es la ley de Cobre; es necesario confirmar este evento por microscopia.

Sobre la granulometría del concentrado de zinc también diríamos que este es un producto fino (86.3%-m325). Casi todos los elementos -salvo el plomo- están más del 80% distribuido en la fracción menor a malla 325.

2.4.3 Regresiones entre Elementos

El resultado de la regresión entre elementos químicos se adjunta en el anexo correspondiente, el resumen de correlación y estadístico “t-student” se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.15 Regresión entre Elementos

	Correlación	t-Student
Zinc-Plomo	0.15	-0.74
Zinc-Cobre	0.97	-9.46
Zinc-Plata	0.93	-6.42
Zinc-Hierro	0.12	0.63
Plomo-Cobre	0.25	1.00
Plomo-Plata	0.13	0.66
Plomo-Hierro	0.54	-1.86
Cobre-Plata	0.83	3.87
Cobre-Hierro	0.11	-0.60
Plata-Hierro	0.24	-0.97

Considerando un valor estadístico t positivo y mayor de 2 como una probable relación mineralógica (en verde) y, por el contrario; si el signo es negativo (en amarillo), un resultado de desplazamiento por el proceso de concentración, el análisis de la tabla anterior nos indica lo siguiente:

- La correlación más relevante del concentrado de zinc es respecto del cobre (-9.46) por el signo negativo expresa que a mayor desplazamiento de cobre menor grado de concentrado de zinc.
- La siguiente correlación importante en el concentrado de zinc es respecto de la ley de plata (-6.42) que indica a mayor ley de zinc menor contenido de plata, estaría indicando que hay cobres grises (portadores de plata) en el concentrado de zinc; entonces no todo el cobre desplazado al concentrado de zinc sería calcopirita libre, en amarre o como ef2.

- La correlación significativa y positiva Cu-Ag (+3.87), estaría confirmando que una parte importante de la presencia de cobre se debe a cobres grises. Esto es importante porque sería la evidencia de que los reactivos de flotación Cu-Ag tendrían algún problema de aplicación en la etapa de flotación bulk.

La información anterior proporciona las pautas para iniciar el trabajo de microscopía en el concentrado de zinc calidad Casapalca.

2.4.4 Microscopía Cualitativa e Interpretación Metalúrgica

El examen de las probetas pulidas indica la presencia de las siguientes especies minerales (mayor presencia, menor y escasa), fórmula química abreviatura y peso específico:

Tabla N° 2.16 Descripción Cualitativa

Nombre	Abreviatura	Formula Química	Peso Especifico
<u>Especies Mayores</u>			
Esfalerita	ef	ZnS	4.2
Esfalerita 2	ef 2	ZnS-CuFeS ₂	4.2
<u>Especies Menores</u>			
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4.2
Cobres grises	CuGRs	CuSbAs,S,Ag	4.8
Pirita	py	FeS ₂	5.0
Gangas	GGs	Variado	2.7
<u>Especies Escasas</u>			
Galena	gn	PbS	7.2
Arsenopirita	apy	FeSAs	5.0

Una descripción cualitativa bajo el microscopio, de la muestra concentrado de zinc calidad Casapalca indica:

“En las mallas relativamente gruesas del concentrado de zinc (malla +200) se aprecia presencia indebida y libre de, calcopirita y cobres grises como valores perdidos en la etapa anterior de flotación bulk Pb-Cu; es notoria la presencia de esfalerita del tipo 2, aquella que tiene finas inclusiones de calcopirita; la cantidad es relativamente alta.

El cobre presente en este concentrado no solo es calcopirita, también se aprecian mixtos de cobres grises (portadores de plata) en amarre con esfalerita; en las mallas gruesas también se observan gangas y mixtos de gangas con esfalerita.

A medida que disminuye el tamaño de partículas (malla+270) se aprecian gangas libres y mixtos de gangas con esfalerita, poca cantidad de pirita libre y no hay muchos amarres de pirita con esfalerita confirmando posiblemente el tipo marmatítico del zinc.

Aún en mallas finas (270 y 325) sigue siendo notable la presencia de esfalerita tipo 2 con una proporción aproximada de 1 a 1 con esfaleritas limpias de calcopirita.

En los tamaños más finos del concentrado de zinc (malla+325) es notoria la presencia de esfalerita del tipo 2, también se aprecia gangas que están mayormente libres pero es notorio el amarre de gangas con esfalerita, pirita se observa muy poco; además se sigue observando calcopirita libre.

A pesar de tener bastante calcopirita no se observaron cobres secundarios (covelita, calcosita) que indicarían alteración de la mineralogía de la zona;

tampoco se encontró pirrotita que es un sulfuro que destruye sulfuros convirtiéndolos a óxidos y genera problemas en flotación al bloquear la acción del colector xantato”

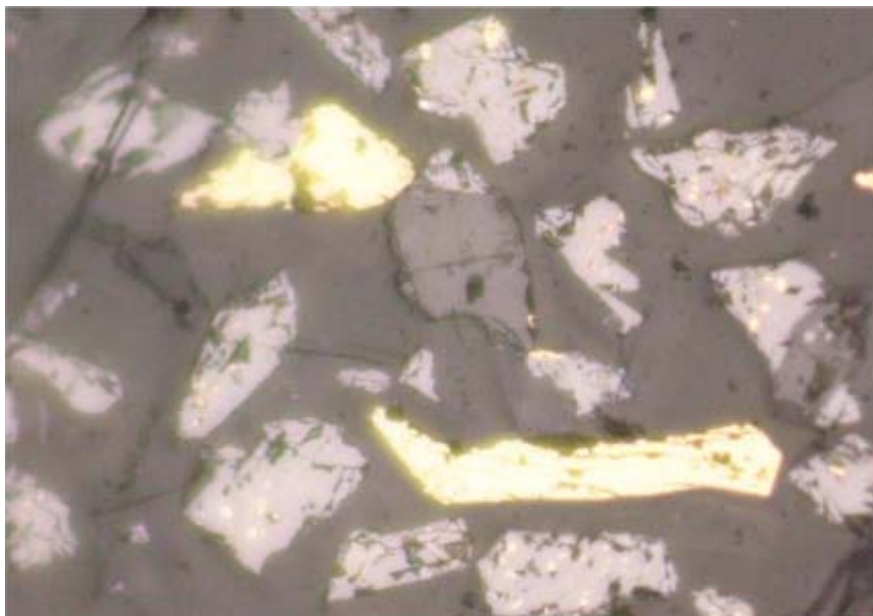


Figura N° 2.13 Vista de la malla 200 del concentrado de zinc.

Se aprecia una partícula libre de calcopirita; arriba un mixto de ganga con esfalerita, otro mixto de calcopirita con esfalerita- En el extremo derecho esfalerita² con amarre de ganga. Notable presencia de inclusiones de calcopirita en varias partículas de esfalerita (ef²).

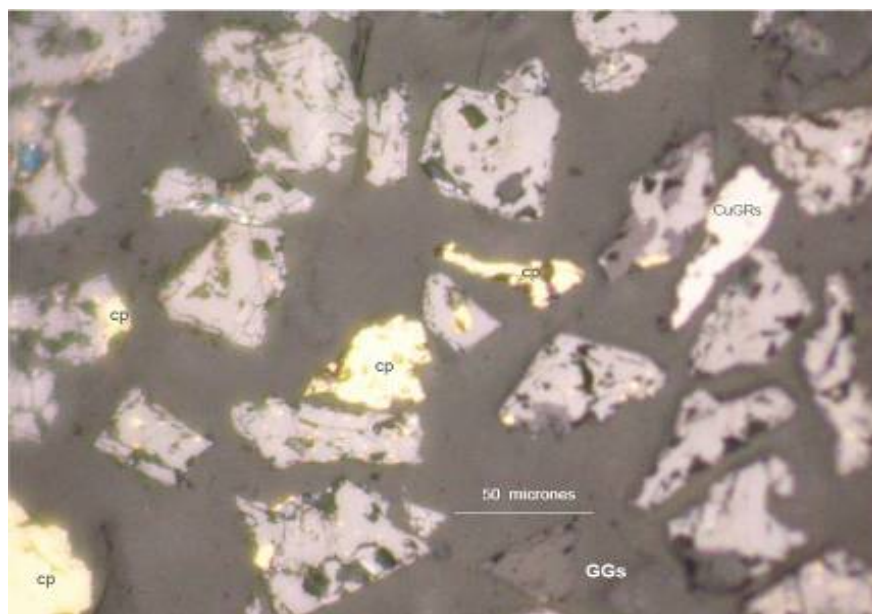


Figura N° 2.14 Vista de malla 270 de concentrado de zinc.

Se aprecia dos partículas libres de cobre dos son calcopirita y la otra cobre gris. También se aprecian mixtos de ganga con esfalerita. Notar la relación íntima de calcopirita con esfalerita que existe en varias partículas de esfalerita (ef2). Abajo una partícula libre de ganga. Es notorio el desplazamiento de cobre en el concentrado de zinc; las esfaleritas son las partículas de tono gris.

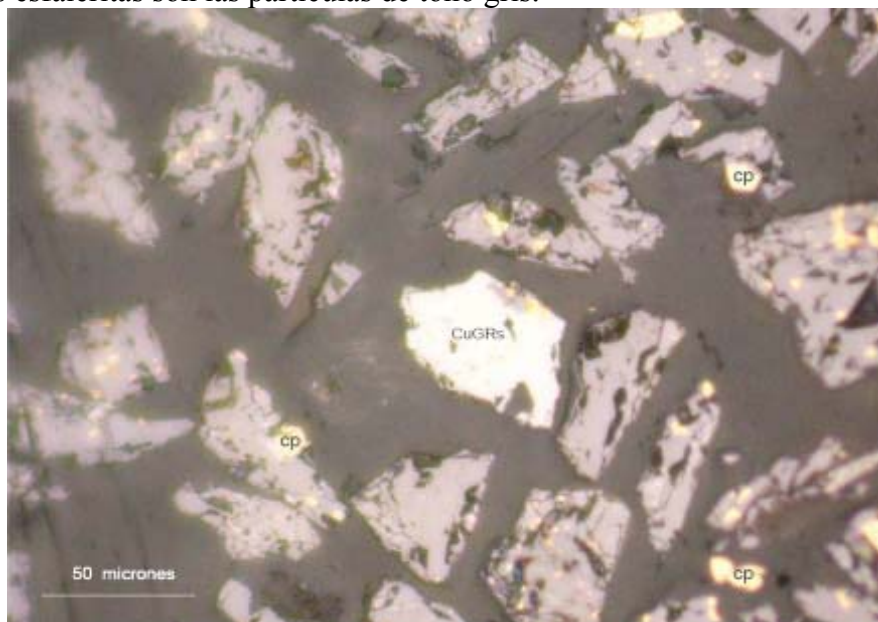


Figura N° 2.15 Vista de la malla 270.

Al centro se aprecia presencia de cobre gris libre; bastante esfalerita libre y note que muchas de ellas tienen inclusiones de calcopirita (ef2), esta es una presencia notoria e importante para la metalurgia del zinc y cobre en Casapalca.

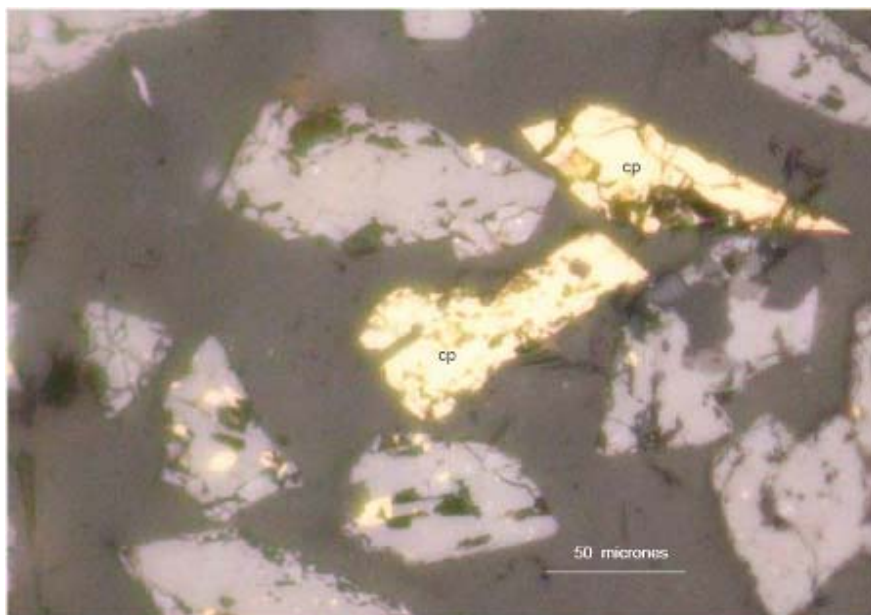


Figura N° 2.16 Vista en malla 200.

Se aprecian dos partículas libres de calcopirita; las partículas de tono gris son esfalerita, varias de ellas son del tipo 2 (con inclusión fina de calcopirita), este evento persiste aun en mallas finas. Xe confirma que el desplazamiento de cobre en el concentrado de zinc es por calcopiritas y cobres grises y además presencia de esfalerita tipo 2.

2.5 Relave Final

2.5.1 Identificación de la Muestra

El análisis químico de la muestra tiene el siguiente resultado:

Considerando la ley de cabeza del mineral típico calidad Casapalca los valores del relave son ligeramente altos en Zn-Pb-Ag; será muy importante determinar por microscopía óptica en que condición se encuentran las especies portadoras de estos elementos.

Tabla N° 2.17 Identificación de la Muestra

ANÁLISIS QUÍMICO				
%Zn	%Pb	%Cu	Ag (oz/Tn)	%Fe
0.21	0.06	0.04	0.24	2.75

2.5.2 Análisis Valorado por Mallas

Para establecer relaciones entre elementos químicos por regresión lineal, las fracciones que resultan del análisis granulométrico del relave final del tratamiento por flotación y que se confeccionaron probetas pulidas, también fueron analizadas químicamente por el cliente, el resultado está en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2.18 Análisis Valorado por Mallas

Descripción	%Peso	ANÁLISIS QUÍMICO					% DISTRIBUCIÓN				
		%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/Tn	%Fe	%Zn	%Pb	%Cu	%Ag	%Fe
malla 70	10.7	0.22	0.02	0.03	0.05	0.62	11.0	3.8	8.9	2.3	2.4
malla 100	10.2	0.18	0.02	0.03	0.11	0.79	8.6	3.6	8.5	4.8	2.9
malla 140	10.3	0.11	0.07	0.03	0.23	1.90	5.3	12.7	8.6	10.1	7.1
malla 200	9.8	0.10	0.10	0.03	0.45	3.78	4.6	17.3	8.2	18.8	13.5
malla 325	11.5	0.11	0.06	0.04	0.36	4.39	5.9	12.2	12.8	17.6	18.4
malla -325	47.5	0.29	0.06	0.04	0.23	3.22	64.5	50.4	52.9	46.5	55.7
Ley Calculada	100.0	0.21	0.06	0.04	0.24	2.75	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

El valor más importante del relave es el zinc y la distribución en las mallas más gruesas que malla + 200 contienen 36% del total perdido, es necesario definir la presencia de esfalerita en este relave, los valores de plata-plomo son más finos y se pierden casi 60% en las fracciones –malla 200.

La oportunidad de mejora pasara por definir si es necesario mejor liberación en las mallas gruesas o probablemente revisar las condiciones de flotación aplicadas en las operaciones de Casapalca.

2.5.3 Regresiones entre Elementos

El resultado de la regresión entre elementos químicos se adjunta en el anexo correspondiente, el resumen de correlación y estadístico “t-student” se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 2.19 Regresión entre Elementos

	Correlación	t-Student
Zinc-Plomo	0.23	-1.22
Zinc-Cobre	0.13	0.85
Zinc-Plata	0.32	-1.55
Zinc-Hierro	0.08	-0.68
Plomo-Cobre	0.02	0.29
Plomo-Plata	0.83	5.02
Plomo-Hierro	0.59	2.67
Cobre-Plata	0.08	0.67
Cobre-Hierro	0.44	1.98
Plata-Hierro	0.82	4.72

Considerando un valor estadístico t positivo y mayor de 2 como una probable relación mineralógica y, por el contrario; si el signo es negativo, un resultado de contaminación por el proceso de concentración, el análisis de la tabla anterior nos indica lo siguiente:

- Es importante observar que los contenidos de zinc presentes en el relave no tienen mucha relación con plomo (-1.22), plata (-1.55), cobre (+1.11); entonces las pérdidas de zinc en el relave final se estarían dando por falta de liberación en las mallas gruesas y por un problema de colección en las mallas finas de flotación favorable (tamaños menores a malla 200).
- Las pérdidas de plata en el relave están referidas al plomo perdido- hay una alta relación positiva- (+5.02); mejorando la recuperación de plomo debe disminuir el contenido de plata en relaves.
- Una correlación importante es Plomo-Hierro (+2.67) estaría indicando que en el relave hay amarres de pirita con galena; si bien este amarre se ha observado en el concentrado de plomo es muy probable que persista aun en relaves; el pH finalmente es una condición que deprime pirita y esto podría estar arrastrando mixtos con galena.
- Finalmente la relación Hierro-Plata (+4.72) estaría confirmando indirectamente lo que se afirma en los puntos anteriores, que existe una relación plomo-plata (+5.02) y a la vez que podrían las piritas estar amarradas con galena argentífera.

La información preliminar anterior proporciona la ruta para iniciar el trabajo de microscopía en el relave final del tratamiento metalúrgico del mineral Casapalca.

2.5.4 Microscopia Cualitativa e Interpretación Metalúrgica

El examen de las probetas pulidas indica la presencia de las siguientes especies minerales (mayor presencia, menor y escasa), fórmula química abreviatura y peso específico:

Tabla N° 2.20 Descripción Cualitativa

Nombre	Abreviatura	Formula Química	Peso Especifico
<u>Especies Mayores</u>			
Gangas	GGs	Variado	2.7
Pirita	py	FeS ₂	5.0
<u>Especies Menores</u>			
Esfalerita	ef	ZnS	4.2
Esfalerita 2	ef 2	ZnS-CuFeS ₂	4.2
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4.2
Cobres grises	CuGRs	CuSbAs,S,Ag	4.8
<u>Especies Escasas</u>			
Galena	gn	PbS	7.2
Arsenopirita	apy	FeSAs	5.0

Una descripción cualitativa bajo el microscopio, de la muestra relave final de la flotación de mineral Casapalca, indica:

El estudio de las briquetas de relave en las fracciones mayores a m70 indica que hay muy pocas especies valiosas libres; lo que más se aprecia es una gran cantidad de gangas, pocas piritas y varios mixtos de gangas con esfalerita, calcopirita, pirita, mixtos triples de esfalerita/calcopirita y gangas. Similar tendencia existe en la malla 100 pocos valores libres y generalmente gangas en amarre con esfalerita, calcopirita y pirita. Es a partir de la malla 140 (106 micrones) que se aprecian esfaleritas libres normales y del tipo 2 y algunos mixtos de esfalerita/pirita y esfalerita con gangas; en esta malla fue

posible también observar galena libre y mixtos de calcopirita con gangas, muy poco de arsenopirita.

Desde la malla 200 y a menores tamaños se confirman valores libres de galena y calcopirita y mixtos de esfalerita, calcopirita y pirita con gangas, similar apreciación se tiene para la malla 325 (45 micrones).

En general los relaves de Casapalca pueden calificarse como perdidas en las mallas menores a 75 micrones con presencia de esfalerita normal y del tipo 2, algunas partículas importantes de galena y calcopirita libres; las mallas gruesas presentan amarres de esfalerita, calcopirita con gangas y estos amarres son frecuentes en todas las mallas.

Más que por liberación de mallas gruesas la oportunidad de mejora pasaría por mejorar la recuperación de valores liberados con ajustes de flotación.

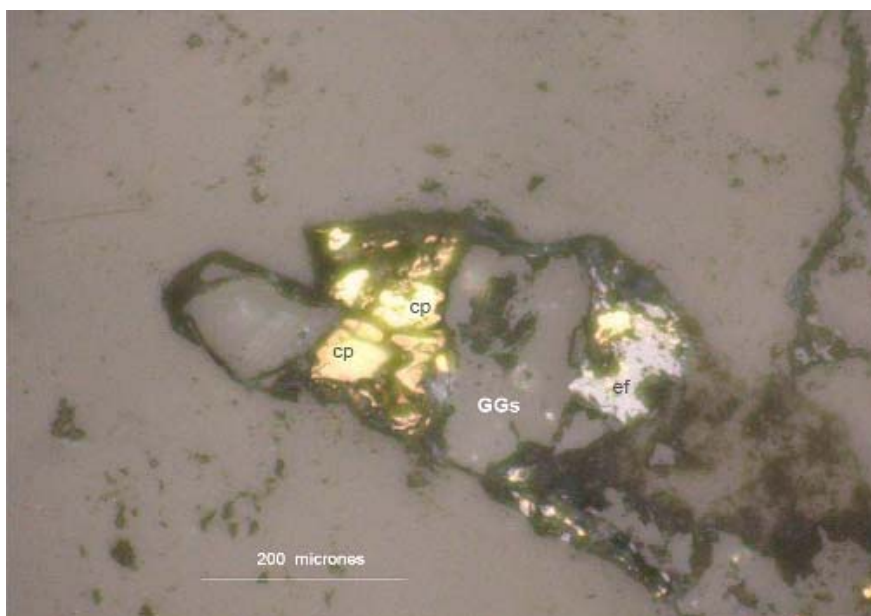


Figura N° 2.17 Una vista de malla + 70.

Se observa una partícula de ganga que contiene esfalerita y calcopirita, conforman un mixto triple por liberar.

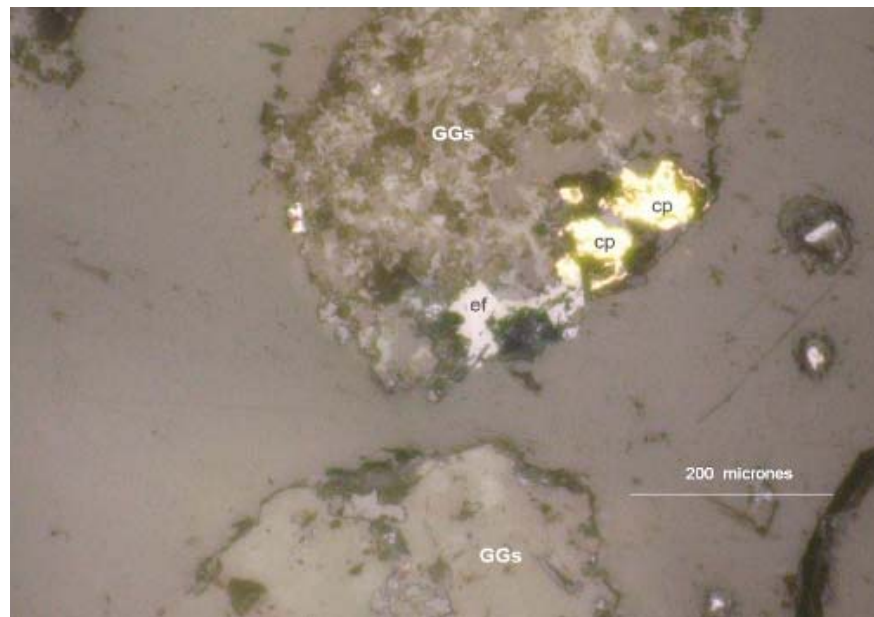


Figura N° 2.18 Una vista de malla 70 del relave final.

Se muestra un nuevo mixto triple de gangas con esfalerita y calcopirita; es indudable que mejorando la molienda en las fracciones +m70 se liberan mejor los valores.

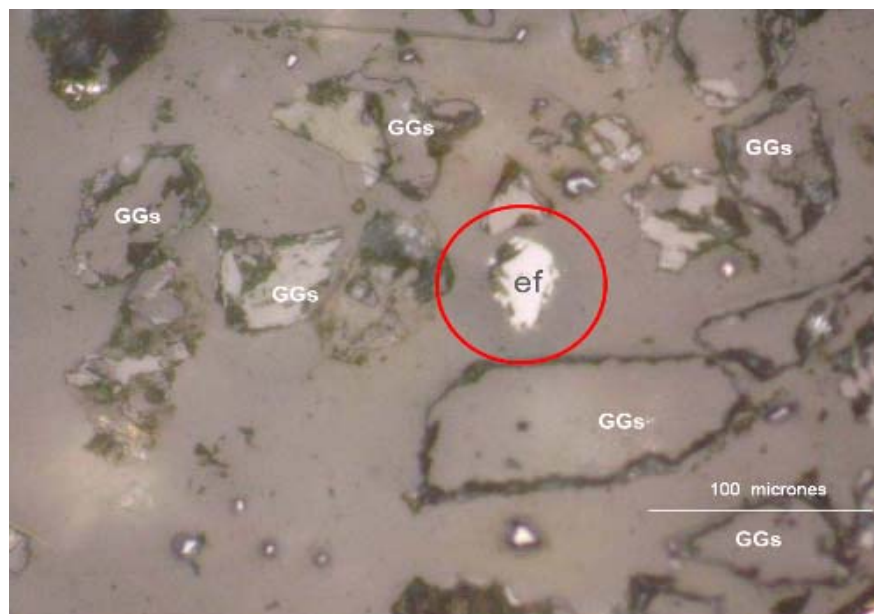


Figura N° 2.19 Una vista del relave en malla 200

Se aprecia encerrada en el círculo una partícula libre de esfalerita. En las fracciones finas son notorios los valores libres.



Figura N° 2.20 Una vista de la malla 270.

Se aprecian dos partículas de presencia indebida en el relave, una de galena y la otra calcopirita; estas partículas proyectan notablemente que hay posibilidad de mejora en la flotación Plomo-cobre.

CAPITULO III

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MICROSCOPIA ÓPTICA CUALITATIVA

3.1 Antecedentes

Las observaciones al microscopio de la alimentación y productos de la flotación del mineral de Casapalca son muy interesantes porque se tienen en general concentrados bastante finos en granulometría a pesar de que la molienda del mineral de cabeza es regularmente gruesa con 22% de malla +70 y 51% -malla 200; porque obtener productos finos es normalmente un asunto relacionado al uso de reactivos, enfocare las conclusiones relacionando a las observaciones con el consumo de reactivos con la finalidad de proponer medidas correctivas que deberían ser considerados lo más pronto posible

Tabla N° 3.1 Cuadro de Consumo de reactivos en concentradora Casapalca

Etapa del Proceso	Dosificación de Reactivos en Gramos por Tonelada								
	NaCN	ZnSO ₄	NaHSO ₃	MIBC	Carbón	Z-11	Z-6	A-404	CuSO ₄
Molienda	4		167					7	
Flotación Pb-Cu									
Rougher Bulk		66		10		0.6			
Scavenger Bulk							1		
Cleaner Bulk		100							
Separación Pb-Cu	40				11				
Flotación Zn									
Rougher Zn						4			273
Scavenger Zn							8		
Total	44	166	167	10	11	4.6	9	7	273

3.2 Flotación Bulk y separación Plomo-Cobre

Por flotación es importante también considerar generalidades en el proceso de flotación bulk y separación plomo-cobre, estas son las siguientes.

- Siempre es mejor un resultado de dos concentrados adecuadamente separados que una flotación bulk porque el cobre no se valora en un concentrado de plomo y, además, el concentrado de cobre normalmente tiene altas leyes de plata-oro que son mejor pagados en un concentrado de cobre que en un bulk.
- El único modo posible de equilibrar una operación de separación de Pb-Cu por flotación es descabezando al máximo el plomo antes de lograr un concentrado bulk que irá a separación; si esto no se hace la activación de plomo es incontrolable afectando los grados de Cu-Ag en el concentrado de cobre.
- Si la ley de Plomo es originalmente baja en el mineral de cabeza posiblemente no sea necesario descabezar con flotación flash desde molienda.
- La mejor extracción de plomo se logra en los valores gruesos de molienda, evitando así que una gran parte de la galena sea sobremolida porque finalmente el plomo fino se perderá en concentrado de zinc y luego en relaves finales.
- Hay dos caminos para extraer plomo grueso desde molienda-ambas opciones en la descarga de los molinos primarios-, el concepto más antiguo es aplicando celdas unitarias DENVER sub-A y la otra opción más moderna es

aplicando celdas flash; la diferencia es que las celdas DENVER no están automatizadas en la descarga y la celda flash es un concepto más moderno del control de nivel enlazado a una válvula actuadora en la descarga de la celda.

- Desde hace mucho tiempo hubo una discusión entre DENVER y OUTOTEC sobre la aplicación de las celdas unitarias de flotación para extraer valores de plomo grueso cada uno con sus razones, DENVER aplicando celdas unitarias en la descarga del molino y OUTOTEC proponiendo que la extracción desde los gruesos de los ciclones; la razón la tiene DENVER; OUTOTEC estuvo equivocado porque en las arenas de los ciclones se tienen muy altas densidades de pulpa y que no pueden finalmente cumplir con el requisito de que la mejor flotación unitaria ocurre entre densidades de pulpa 1750 a 1850 g/l; en cambio las densidades de las descargas de los molinos son más estables y la dilución de pulpa que se hace para clasificación en ciclones es justamente la adecuada para hacer una flotación flash.
- El reactivo para deprimir plomo en una flotación bulk es una mezcla de Bicromato de sodio: CMC: Fosfato monosódico dihidratado en la proporción 60:20:20 pero previamente se debe eliminar los reactivos colectores y espumantes con una etapa de acondicionamiento en que se agrega carbón activado en cantidades aproximadas de 500 a 800 gramos/tonelada de bulk. El arranque de flotación será con pequeñas dosis de espumante MIBC y colector Tionocarbamato AP 3894 o AP 5100.
- Si el caso es inverso y sea necesario deprimir cobre y flotar plomo es importante acondicionar previamente ajustando pH entre 10 a 10.5 luego

recién aplicar solución de cianuro de sodio o una mezcla de Oxido de Zinc con Cianuro de sodio (2:1) denominada MIXC- El arranque de la flotación de plomo será con cantidades pequeñas de xantato Z11 y espumante MIBC- Considerando que el xantato Z11 es el único reactivo que flota galena por reacción superficial es importante considerar que en esta separación no debe agregarse carbón activado ya que este reactivo destruye fácilmente la acción favorable del xantato sobre la galena.

- Los reactivos se agregan con sistemas de dosificación para mantener las cantidades necesarias, si se agrega manualmente habrán muchas variaciones; por eso es importante contar con bombas dosificadoras o con electroválvulas de doble tanque (Primario de preparación y secundario de dosificación a un nivel constante).
- Si la flotación bulk es para deprimir cobre es importante considerar el pH, generalmente el bulk alrededor de 8 y en la separación 10 a 10.5; obviamente la dosificación de cal debe ser de manera automática con un sistema en loop y controladores de pH con válvulas automáticas. Nunca es adecuado alimentaciones de cal en forma manual. Además considerar que la mejor cal a utilizar es hidratada por razones de seguridad.
- Los reactivos deben ser de marca y calidad conocida; así el xantato de preferencia debe ser fresco y fabricación nacional y los otros reactivos líquidos de constituyentes reconocidos evitando aquellos que tienen ácido cresílico en su composición (A25-A31-A242, etc)
- El único reactivo que es indiscutible en flotación polimetálica es el Aerophine 3418^a de CYTEC, a pesar de su alto costo es un reactivo muy

selectivo a la flotación de zinc en un bulk Pb-Cu; para alcanzar efectividad se debe usar en solución en agua y es un gran colector de valores de plata en cobres grises o tetrahedrita; a pesar de importantes esfuerzos de otras marcas aun no se ha logrado encontrar un equivalente que cumpla con su descripción (tiene la fuerza de un xantato y la selectividad de un aerofloat o ditiofosfato).

- Para activar galena se usa cianuro de sodio el mejor es DUPONT que comercializa Mercantil y para deprimir el zinc Sulfato de Zinc, este ultimo de calidad mayor a 98% como sulfato y con pH mayor a 4 en solución al 10% en peso; quienes mejor hacen el sulfato de zinc en el Perú es la fabrica IC-Industrial. Ambos reactivos deben ser usados desde molienda primaria para lograr el mejor efecto combinado. Reitero que el cianuro debe ser considerado como activador de galena y no solo como depresor de zinc y hierro.
- Cuando se tiene activación excesiva de zinc en las limpiezas de flotación bulk ya es infructuosos corregir con sulfato de zinc en esta etapa, este depresor debe ser agregado preferentemente y en mayor cantidad en molienda primaria al ingreso de la carga fresca; el complemento en las limpiezas del bulk.

3.3 Flotación Flash

A pesar de que el contenido de plomo en cabeza del mineral estudiado es bajo (0.10%Pb) será importante adjuntar las consideraciones más relevantes para una

flotación flash desde molienda para que se considere los principios de aplicación y descartar dudas sobre una posibilidad técnica que pudieren estar considerando a futuro cuando zonas de mineralización incrementen valores de plomo por lo menos a 0.5%Pb; las consideraciones más importantes son las siguientes.

- La flotación flash se aplica para extraer concentrados gruesos y limpios de plomo; si se hace solo un bulk Pb-Cu-Zn no está siendo efectiva su aplicación.
- Si la cabeza fresca es 2 a 3% Pb es bueno para una aplicación de celda flash, si la cabeza disminuye hasta menos de 1%Pb también es posible seguir extrayendo plomo grueso pero con mayores adiciones de cianuro de sodio, entonces las dosis de cianuro son inversamente proporcionales a la ley de cabeza en plomo; pero mientras más altas las leyes de plomo en cabeza mejor es la aplicación de la celda flash.
- La mejor aplicación de las celdas flash es en las pulpas descarga de molino primario y junto a las recirculaciones de la molienda secundaria que molió las arenas de los ciclones. El relave de la celda flash será la alimentación a clasificación en ciclones.
- Los reactivos depresores que se agregan al molino antes de hacer una flotación flash son cianuro de sodio y sulfato de zinc, esto controlara la flotación de Fe-Zn-Cu posibilitando una buena flotación de galena gruesa.
- Si es necesario un exceso de cianuro para flotar galena en la celda flash, este como es normal deprimirá fuertemente los valores de cobre, se revierte su acción con adiciones de bisulfito de sodio en la etapa de flotación bulk que neutralizaran el exceso de cianuro de sodio.

- El colector adecuado para flotar galena gruesa en la flotación flash es Xantato Z-11; el espumante ideal es MIBC, hay muchas calidades de este espumante en el mercado el mejor es posiblemente el de Unión Carbide que comercializa Molycop. La adición de estos reactivos es justo al ingreso de la pulpa alimentada a la celda flash.
- La celda flash tiene descarga automática con una válvula actuadora relacionada a un sensor de nivel de pulpa de manera que la celda recibe un flujo de pulpa constante.
- La celda flash debe tener un cajón de alimentación que permita estabilizar el flujo de pulpa que se alimenta a la celda, este cajón de preferencia debe ser cilíndrico y de volumen suficiente que siempre tenga un nivel de pulpa por encima del labio de la celda; así se lograra una operación regular y sin fluctuaciones en la celda flash porque tiene volumen suficiente para atenuar la variación en las cargas circulantes.
- Como la densidad de pulpa es un parámetro importante en la flotación flash, es importante que la molienda primaria tenga balanza de peso de mineral fresco enlazada con una válvula de control de agua para mantener constante la densidad de pulpa en molienda.

CAPITULO IV

MICROSCOPIA OPTICA Y METALURGIA POR ESPECIES DEL MINERAL

Con las consideraciones anteriores, referido a principios generales de flotación bulk, flash y separación Pb-Cu, consumo actual de reactivos de flotación por etapas y análisis básico del flow sheet actual de la concentradora es posible relacionar cada especie mineralógica a la observación bajo el microscopio; es como sigue:

4.1 Galena

- La galena se muestra en los concentrados de plomo bastante liberada, pero por la baja ley de Pb en cabeza es posible no sea lo mejor aplicar flotación flash desde molienda que requiere por lo menos 0.5% Pb en cabeza.
- En la microscopia de productos de flotación se aprecia que hay galena en mixtos con esfalerita y pirita por eso que es importante mejorar la liberación desde la molienda primaria.
- Entonces si el contenido de galena es mínimo la mejor condición de flotabilidad para elevar la recuperación será incrementar el cianuro de sodio desde molienda.

- Es posible que la gran cantidad de bisulfito de sodio que se usa en molienda (167 gr/TM) este deprimiendo galena. La estrategia del uso del cianuro para el mineral será usar 20 a 30 gr/TM en molienda y después de la primera flotación rougher recién agregar bisulfito con la finalidad de neutralizar la acción depresora del cianuro sobre calcopirita y pueda esta ser activada para flotar en el bulk Pb-Cu.
- El mejor colector para galena es el xantato Z11, se recomienda usar 2 a 3 gr/TM en la primera flotación rougher junto al espumante MIBC.
- Es necesario revisar la dosificación de los reactivos de flotación, ya que se han encontrado valores libres de galena en el relave final y esto es irregular y necesario de revisar.
- Luego del primer rougher y para seguir flotando galena en la siguiente etapa Rougher II es posible usar Aerophine 3418 un colector muy selectivo a flotar valores de plomo y plata.
- Cuando la galena ya este incorporada en el bulk Pb-Cu para la etapa de separación flotando galena y deprimiendo cobre con cianuro, es importante iniciar el proceso con dosis pequeñas de xantato y MIBC pero no aplicando carbón porque este reactivo anulara la acción del Xantato Z11, En esta parte del proceso es muy importante el control de alcalinidad que normalmente es de pH=10 a pH=10.5, si el control es automático es mucho mejor, Todos los reactivos anteriores deben ser agregado en un acondicionador que le dé suficiente tiempo de contacto previo a la flotación rougher de separación.

4.2 Calcopirita

- Calcopirita es una especie de presencia mayor en la flotación bulk de Casapalca, la liberación debe mejorar bajando la fracción de malla +70 del actual 22% hasta valores cercanos a 10% probablemente la malla -200 debe elevarse hasta un favorable 58 a 60% Así se evitara que los amarres de calcopirita con ganga sea una pérdida segura a relaves.
- La flotación de calcopirita debe ser tomada como la especie que más fácilmente responde al proceso de flotación, el problema común es que muchas veces llega acompañada por gran cantidad de pirita; por eso es que aplican reactivos selectivos a la pirita; en el caso del mineral no hay gran cantidad importante de pirita por eso que el Xantato desde el arranque debe ser un colector importante.
- La flotación de calcopirita es generalmente realizada en pH naturales o cercanos a 8 pero la regulación de alcalinidad es importante que sea automática. Si es posible flotar sin cal también es importante porque el bisulfito de sodio es un activador de sulfuros de cobre pero en condiciones neutras de alcalinidad.
- La aplicación de cianuro de sodio para flotar plomo retrasa la flotación de calcopirita pero esta acción se neutraliza con Bisulfito de sodio, entonces será importante usar el Bisulfito luego de la primera flotación rougher (Ok30 No.1).
- La calcopirita debe flotar fácilmente con espumante MIBC y colectores normales del tipo xantato; si hay una gran activación de zinc en el bulk es mejor analizar el uso correcto de depresores aplicado en el ingreso del

mineral fresco. Muchas veces el bisulfito de sodio mal aplicado es un activador de zinc en el bulk Pb-Cu.

- En el mineral de cabeza se aprecia esfalerita del tipo 2; es decir pequeñas inclusiones de calcopirita en esfalerita difícil de liberar aun en condiciones extremas de remolienda; el criterio debe ser moler bien hasta donde se pueda (60% menos malla 200) y aceptar que inevitablemente una fracción de calcopirita (1.69%Cu) se perderá hacia el concentrado de zinc, como es el caso actual, en donde por aplicación de microscopia se aprecia mucha calcopirita libre en el concentrado de zinc. Esto significa que el uso de depresores de zinc debe ser normal en la flotación Bulk.
- No todo es dañino con la presencia de esfalerita 2, geológicamente esto indica que minerales que contienen esta especie son reservas importantes por muchos años; cuando las esfaleritas son totalmente limpias solo es presencia ocasional de mineralización polimetálica.
- La calcopirita es un cobre primario y la microscopia no ha mostrado evidencia de estar en presencia de cobres secundarios (bornita, calcosita, covelita, digenita), se sabe que estos pueden pasar fácilmente a Calcantita (Sulfato de cobre natural) y generan activación incontrolable de zinc en flotación bulk; entonces el mineral tratado no es de una zona de oxidación donde la calcopirita sea convertida a cobre secundaria por intemperismo o por corrosión galvánica de pirita o pirrotita.
- Cuando se aplica separación Pb-Cu y debe ser deprimido el cobre con cianuro de sodio es importante considerar que el agua del espesador de cobre que seguro contiene cantidad importante de cianuro sea recirculada a

molienda primaria como agua normal de proceso, esto ayudara a deprimir valores de zinc-hierro y activar galena.

4.3 Cobres Grises

- Las minas importantes de cobre no son de solo calcopirita, normalmente una fracción pertenecen a la familia de cobres grises (tenantita y tetraedrita), de presencia notable en los minerales polimetálicos peruanos. Casapalca si tiene esta especie portadora de plata; en microscopia se le aprecia libre y también en mixtos con galena y esfalerita.
- Los cobres grises no son difíciles de flotar ya que mayormente no son afectados por el uso de cianuro como depresor de hierro y activador de galena. La flotación es mejor realizada con tionocarbamatos tipo AP 3894 o AP5100 de CYTEC; también el colector aerophine 3418 es un colector promotor de estos portadores de plata.
- La microscopia del concentrado de zinc ha mostrado presencia de cobres grises, esto significa que la flotación de cobre en el bulk no está bien realizada porque también se aprecian calcopirita; cuando sucede este evento es mejor revisar el uso de colectores y depresores en la flotación bulk.
- La relación de cobre gris con esfalerita no es muy intima en el caso de Casapalca; si este fuera el caso el desplazamiento de Plata al concentrado de zinc seria mayor; a este especie se le denomina esfalerita del tipo 4 pero no se observo en el presente estudio; entonces los mixtos de esfalerita/cobre gris es liberable y es mejor asegurar desde molienda primaria.

- Durante la separación Pb-Cu los valores de Cobre gris se desplazaran junto a calcopirita en el concentrado de cobre; si el plomo contiene plata se observo al microscopio que es por algunos mixtos de cobre gris con galena y también algunos cobres grises y calcopirita que no respondieron a las condiciones de separación Pb-Cu por flotación de allí que la ley de cobre en el concentrado de plomo es casi 5%Cu.

4.4 Esfalerita

- La mena de zinc del mineral en estudio es esfalerita, se notan dos tipos; el segundo denominado esfalerita 2 tiene calcopirita finamente diseminada.
- El concentrado de zinc de Casapalca si bien es de alta ley (57%Zn) podría mejorar si se controla el desplazamiento de especies de cobre (Calcopirita y Cobre-Gris) que se aprecian libres e indebidamente desplazados.
- La esfalerita presente en el concentrado de zinc también tiene amarres con gangas, este es un índice que es necesario mejorar la liberación disminuyendo la fracción +malla70 de 22% a menos de 10% que significaría que la cabeza tendrá una granulometría entre 58 a 60% menos la malla 200.
- Un comentario similar a la falta de ajustes en la molienda primaria es la presencia de mixtos de esfalerita con galena, calcopirita y cobres grises; la microscopia ha mostrado que si es necesario mejorar este aspecto.
- La cinética de flotación de la esfalerita se ha mostrado muy importante en todas las fracciones de tamaños; si bien la molienda no es extrema los concentrados al ser finos están mostrando un defecto de flotación, no dejar

de considerar que la cinética del zinc por ejemplo es similar y cerca de 90% en todas las fracciones.

- La esfalerita del tipo 2 es una presencia importante en el mineral de Casapalca, la relación es casi 1:1 respecto de esfaleritas sin inclusiones de calcopirita esto convierte a este tipo de mineral en un caso especial, generalmente esta forma de presencia obliga a disminuir uso de depresores de zinc y provocamos una gran activación de zinc en el bulk; considero que la alternativa es dosificar normalmente los depresores de zinc y asumir que parte del cobre pasara al zinc inevitablemente y no debemos exagerar la liberación por remolienda ya que no se lograra mejora ni aun extremando la finura del material molido y remolido.

4.5 Pirita

- Los sulfuros de hierro presentes en la mineralización de Casapalca son mayormente pirita y muy poca arsenopirita no se observa pirrotita que es un sulfuro dañino y que destruye la acción colectora del xantato al absorber oxígeno libre de las pulpas mineralizadas.
- La cantidad de sulfuros de hierro en el mineral no es importante; la cabeza ensaya menos de 3% Fe; pero eso no debe implicar que no se use suficiente cianuro de sodio para su depresión, no dejar de considerar que el cianuro de sodio es un activador de galena.
- Los mixtos más importantes de pirita observados bajo el microscopio son los que se presentan con galena a modo de coronas del mineral de plomo

rodeando a pirita, si bien esta presencia es importante no será relevante porque los minerales de hierro son pocos y finalmente la acción del cianuro es para mejorar la flotación de galena.

- Otro mixto importante es pirita/cobre gris por ello que las correlaciones marcan una posible presencia de piritas argentíferas; igual que en el punto anterior; como las piritas no son una cantidad importante es necesario hacer una liberación normal y flotar todo por cobre-gris o cobre en general con las dosificaciones típicas de depresores de zinc.

4.6 Arsenopirita

- La arsenopirita presente en el mineral de Casapalca no es considerable, está libre pero su presencia es escasa.
- Si hay arsénico en el concentrado de plomo-plata no será por arsenopirita sino por la composición química normal de los cobres grises.

4.7 Gangas

- A pesar de que el mineral de Casapalca es de relativamente baja ley de metales y por lo tanto las gangas son abundantes en el mineral de cabeza no se observa una presencia definida e importante ni en los concentrado de cobre ni en los de plomo, un tanto más frecuente si en los concentrados de zinc libres y en mixtos con esfalerita pero en general la flotación de estériles gangas insolubles está controlada en el mineral de Casapalca.

CONCLUSIONES

1. Los depresores de Zinc deben ser añadidos al molino; la cantidad de sulfato de zinc es aproximadamente 100 gr/TM por cada 1% de zinc en mineral de cabeza. El bisulfito de sodio no es el mejor depresor de zinc.
2. Considerar al cianuro como activador de flotación de galena.
3. Considerar al Xantato Z11 como el colector más efectivo para flotar galena.
4. En la separación de plomo-cobre, considerar el pH 10 a 10.5 como una variable importante y que debe ser con adición automática de cal.
5. Mejorar la molienda hasta que la fracción malla +70 sea menor o igual a 10% y que la malla menos 200 de la cabeza a flotación sea entre 58 a 60%
6. Bisulfito de Sodio y Cianuro de Sodio cuando se agregan juntos generan ácido cianhídrico y es un gas mortal; es mejor agregar primero cianuro flotar galena y luego bisulfito de sodio para neutralizar la acción del cianuro que deprime cobre.

7. Revisar parámetros de remolienda probablemente no sea necesario remoler mixtos pero si mejorar el grado de molienda primaria-secundaria.
8. Eliminar carbón del acondicionamiento previo a la separación plomo-cobre; anulara fuertemente la flotación de galena al destruir la acción del colector de plomo en bulk.
9. La flotación típica del mineral de Casapalca debe estar orientada a flotar más gruesos que finos; en el bulk se logra mejorando dosificaciones de cianuro y xantato para el plomo y para el cobre evitar la activación de lamas finas de zinc con depresores al molino primario; solo así se aplicaría correctamente colectores que flota en valores gruesos de cobre. En el circuito de zinc el exceso de flotación de finos es porque hay desequilibrio entre la adición de cal y sulfato de cobre, las dosificaciones de ambos reactivos debe ser automática; el ajuste y dosificación más importante será en la limpieza de flotación, la recirculación de medios equilibrara el pH en acondicionamiento de zinc; si bien la recuperación de zinc es 90% podría ser mejor, hay concentradoras peruanas que tienen recuperaciones por encima de 94%.
10. Es imperativo tener objetivos mayores en grados y recuperaciones en general.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamo P, Violante P. **Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity**. Applied Clay Science, Volume 16, Issues 5-6, May 2000, Pages 229-256.
2. Bruckard W.J., Sparrow G.J., Woodcock J.T. **A review of the effects of the grinding environment on the flotation of copper sulphides**. International Journal of Mineral Processing, Volume 100, Issues 1-2, 8 July 2011, Pages 1-13.
3. Cox S.F. **Flow mechanisms in sulphide minerals**. Ore Geology Reviews, Volume 2, Issues 1-3, May 1987, Pages 133-171.
4. Fletcher S., Horne M.D. **Some photoelectrochemical insights into galena flotation**. International Journal of Mineral Processing, Volume 33, Issues 1-4, November 1991, Pages 145-163.
5. Graeme J. Jameson. **New technology and science in flotation separations**. Current Opinion in Colloid & Interface Science, Volume 3, Issue 4, August 1998, Pages 351-359.
6. Gregerová M., Všianský D. **Identification of concrete deteriorating mineral by polarizing and scanning electron microscopy** Materials Characterization, Volume 60, Issue 7, July 2009, Pages 680-685.

7. HU Hui-ping, CHEN Qi-yuan, YIN Zhou-lan, HE Yue-hui, HUANG Bai-yun. **Mechanism of mechanical activation for sulfide ores**. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Volume 17, Issue 1, January 2007, Pages 205-213.
8. Kartio I., Wittstock G., Laajalehto K., Hirsch D., Simola J., Laiho T., Szargan R., Suoninen E. **Detection of elemental sulphur on galena oxidized in acidic solution**. International Journal of Mineral Processing, Volume 51, Issues 1-4, October 1997, Pages 293-301.
9. Kimball B.E., Mathur R., Dohnalkova A.C., Wall A.J., Runkel R.L., Brantley S.L. **Copper isotope fractionation in acid mine drainage**. Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 73, Issue 5, 1 March 2009, Pages 1247-1263.
10. López Gómez F.A., Ruiz Sierra J.C., Garcia Carcedo F., Medina Garcia F., Medina Garcia J. **Influence of ultrafine grain size in differential flotation of galena and sphalerite**. International Journal of Mineral Processing, Volume 17, Issues 3-4, July 1986, Pages 303-316.
11. Maurice P.A., Lower S.K. **Using Atomic Force Microscopy to Study Soil Mineral Reactions**. Advances in Agronomy, Volume 62, 1997, Pages 1-43.
12. Prestidge C.A., Skinner W. M., Ralston J., Smart R.St. C. **The interaction of iron (III) species with galena surfaces**. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 105, Issues 2-3, 20 December 1995, Pages 325-339.
13. Pugh R.J., Bergström L. **Surface and solution chemistry studies on galena suspensions**. Colloids and Surfaces, Volume 19, Issue 1, 1986, Pages 1-20.

14. Ralston J. **The chemistry of galena flotation: Principles & practice.** **Mineral Engineering**, Volume 7, Issues 5-6, May-June 1994, Pages 715-735.
15. Sipos P, Németh T, Kovács Kis V, Mohai I. **Association of individual soil mineral constituents and heavy metals as studied by sorption experiments and analytical electron microscopy analyses** *Journal of Hazardous Materials*, Volume 168, Issues 2-3, 15 September 2009, Pages 1512-1520.
16. Sutherland D.N., Gottlieb P. **Application of automated quantitative mineralogy in mineral processing.** *Minerals Engineering*, Volume 4, Issues 7-11, 1991, Pages 753-762.
17. Szargan R., Uhlig I., Wittstock G., Roßbach P. **New methods in flotation research- application of synchrotron radiation to investigation of adsorbates on modified galena surfaces.** *International Journal of Mineral Processing*, Volume 51, Issues 1-4, October 1997, Pages 151-161.
18. Vaughan D.J., Becker U., Wright K. **Sulphide mineral surfaces: theory and experiment.** *International Journal of Mineral Processing*, Volume 51, Issues 1-4, October 1997, Pages 1-14.

ANEXOS

Anexo N° 01.- Regresiones entre Elemento Cabeza

ZINC-PLOMO

Resultado de la regresión	
Constante	0.01725516
Error típico de est Y	0.0177852
R cuadrado	0.69297653
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	0.02519982
Error típico del coef	0.00750134
t-Student	3.36

ZINC-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	0.00445626
Error típico de est Y	0.03679963
R cuadrado	0.88799167
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	0.09772104
Error típico del coef	0.01552115
t-Student	6.30

ZINC-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	-0.11177509
Error típico de est Y	0.15359474
R cuadrado	0.70527058
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	0.22408242
Error típico del coef	0.06478234
t-Student	3.46

ZINC-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	-0.09503725
Error típico de est Y	0.40361598
R cuadrado	0.88442578
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	1.05301334
Error típico del coef	0.17023492
t-Student	6.19

PLATA-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	1.58305514
Error típico de est Y	0.91390072
R cuadrado	0.40745367
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	2.67862788
Error típico del coef	1.44460602
t-Student	1.85

PLOMO-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	0.02952882
Error típico de est Y	0.05857417
R cuadrado	0.71622402
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	2.89914465
Error típico del coef	0.81610917
t-Student	3.55

PLOMO-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	-0.16744057
Error típico de est Y	0.1285508
R cuadrado	0.7935474
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	7.85196152
Error típico del coef	1.79108793
t-Student	4.38

PLOMO-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	0.90493185
Error típico de est Y	0.91747511
R cuadrado	0.40280955
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	23.4755013
Error típico del coef	12.7831068
t-Student	1.84

COBRE-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	-0.17490031
Error típico de est Y	0.07991308
R cuadrado	0.9202177
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	2.4682638
Error típico del coef	0.32502335
t-Student	7.59

COBRE-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	0.46381362
Error típico de est Y	0.69312676
R cuadrado	0.65916075
N° de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	8.76627762
Error típico del coef	2.81909265
t-Student	3.11

Anexo N° 02.- Regresiones entre Elemento Cobre

ZINC-PLOMO

Resultado de la regresión	
Constante	11.372581
Error típico de est Y	1.52027942
R cuadrado	0.7825522
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.75050902
Error típico del coef	0.22841054
t-Student	-3.29

ZINC-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	23.8923392
Error típico de est Y	0.70137089
R cuadrado	0.03287402
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.03365007
Error típico del coef	0.1053757
t-Student	0.32

ZINC-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	37.1865805
Error típico de est Y	5.51210968
R cuadrado	0.13860403
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.5753839
Error típico del coef	0.82815299
t-Student	-0.69

ZINC-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	24.2446111
Error típico de est Y	1.4251863
R cuadrado	0.05785421
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.09190379
Error típico del coef	0.21412351
t-Student	-0.43

PLATA-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	15.8934771
Error típico de est Y	0.43189795
R cuadrado	0.91347589
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.23628965
Error típico del coef	0.04198596
t-Student	5.63

PLOMO-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	24.7599395
Error típico de est Y	0.56020197
R cuadrado	0.38301183
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.13538371
Error típico del coef	0.09920604
t-Student	-1.36

PLOMO-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	26.0659046
Error típico de est Y	3.897052
R cuadrado	0.56943419
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	1.37465051
Error típico del coef	0.69012803
t-Student	1.99

PLOMO-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	22.2374009
Error típico de est Y	1.15509939
R cuadrado	0.38110988
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.27803008
Error típico del coef	0.20455628
t-Student	1.36

COBRE-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	225.300154
Error típico de est Y	1.64868255
R cuadrado	0.92293783
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-8.00011899
Error típico del coef	1.33465864
t-Student	-5.99

COBRE-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	67.6155558
Error típico de est Y	0.67564457
R cuadrado	0.78825585
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-1.82784756
Error típico del coef	0.54695482
t-Student	-3.34

Anexo N° 03.- Regresiones entre Elemento Plomo

ZINC-PLOMO

Resultado de la regresión	
Constante	100.394855
Error típico de est Y	1.35535625
R cuadrado	0.96075521
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-9.59096833
Error típico del coef	1.11914533
t-Student	-8.57

ZINC-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	-5.24378391
Error típico de est Y	1.30308367
R cuadrado	0.64479167
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	2.51092705
Error típico del coef	1.0759828
t-Student	2.33

ZINC-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	77.2095561
Error típico de est Y	39.2452966
R cuadrado	0.28490739
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	35.4284357
Error típico del coef	32.4056429
t-Student	1.09

ZINC-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	-1.5924241
Error típico de est Y	0.67534554
R cuadrado	0.78699565
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	1.85657123
Error típico del coef	0.55764661
t-Student	3.33

PLATA-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	4.32129198
Error típico de est Y	1.45788833
R cuadrado	0.00737565
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.00270785
Error típico del coef	0.01813665
t-Student	0.15

PLOMO-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	22.7462996
Error típico de est Y	0.95806619
R cuadrado	0.80798747
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.287257
Error típico del coef	0.08084859
t-Student	-3.55

PLOMO-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	490.676441
Error típico de est Y	35.7267125
R cuadrado	0.40738428
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-4.329584
Error típico del coef	3.01487977
t-Student	-1.44

PLOMO-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	16.3270816
Error típico de est Y	0.87905349
R cuadrado	0.63911651
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.17098554
Error típico del coef	0.07418093
t-Student	-2.30

COBRE-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	135.69133
Error típico de est Y	22.5388113
R cuadrado	0.76414283
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	18.5550876
Error típico del coef	5.95168102
t-Student	3.12

COBRE-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	3.79966161
Error típico de est Y	1.30237702
R cuadrado	0.20784558
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.30512055
Error típico del coef	0.34391044
t-Student	0.89

Anexo N° 04.- Regresiones entre Elemento Zinc

ZINC-PLOMO

Resultado de la regresión	
Constante	1.13163235
Error típico de est Y	0.11999344
R cuadrado	0.15467808
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.01576782
Error típico del coef	0.02128177
t-Student	-0.74

ZINC-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	13.0033208
Error típico de est Y	0.11780012
R cuadrado	0.9675457
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.19758599
Error típico del coef	0.02089276
t-Student	-9.46

ZINC-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	11.4399517
Error típico de est Y	0.14604076
R cuadrado	0.93218109
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.16632581
Error típico del coef	0.02590146
t-Student	-6.42

ZINC-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	2.18222483
Error típico de est Y	0.19126718
R cuadrado	0.11693018
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.02138046
Error típico del coef	0.03392272
t-Student	0.63

PLATA-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	3.76034871
Error típico de est Y	0.17743158
R cuadrado	0.24006578
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.17783178
Error típico del coef	0.18267185
t-Student	-0.97

PLOMO-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	1.36843389
Error típico de est Y	0.56593509
R cuadrado	0.25094438
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	2.50987367
Error típico del coef	2.50356883
t-Student	1.00

PLOMO-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	1.79290151
Error típico de est Y	0.52384387
R cuadrado	0.12741775
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	1.53379454
Error típico del coef	2.31736681
t-Student	0.66

PLOMO-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	3.66229087
Error típico de est Y	0.13862754
R cuadrado	0.53611197
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-1.14188989
Error típico del coef	0.61325688
t-Student	-1.86

COBRE-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	0.61222842
Error típico de est Y	0.22906844
R cuadrado	0.83314734
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	0.78279853
Error típico del coef	0.20225303
t-Student	3.87

COBRE-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	3.57728296
Error típico de est Y	0.19224814
R cuadrado	0.10784884
Nº de observaciones	5
Grados de libertad	3

Coefficientes X	-0.10222123
Error típico del coef	0.16974303
t-Student	-0.60

Anexo N° 05.- Regresiones entre Elemento Relave

ZINC-PLOMO

Resultado de la regresión	
Constante	0.08804617
Error típico de est Y	0.02707474
R cuadrado	0.22872937
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	-0.18777796
Error típico del coef	0.15420627
t-Student	-1.22

ZINC-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	0.02954672
Error típico de est Y	0.00493097
R cuadrado	0.12525443
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	0.02376351
Error típico del coef	0.0280847
t-Student	0.85

ZINC-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	0.42748093
Error típico de est Y	0.12280604
R cuadrado	0.32487489
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	-1.08494684
Error típico del coef	0.69945136
t-Student	-1.55

ZINC-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	3.51701564
Error típico de est Y	1.51979852
R cuadrado	0.08401496
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	-5.86196143
Error típico del coef	8.65613097
t-Student	-0.68

PLATA-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	0.20840188
Error típico de est Y	0.67953077
R cuadrado	0.8168805
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	9.60270318
Error típico del coef	2.03327696
t-Student	4.72

PLOMO-COBRE

Resultado de la regresión	
Constante	0.0324972
Error típico de est Y	0.00522926
R cuadrado	0.01621884
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	0.02177912
Error típico del coef	0.07585681
t-Student	0.29

PLOMO-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	-0.00672064
Error típico de est Y	0.06081237
R cuadrado	0.8344502
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	4.4286051
Error típico del coef	0.88215739
t-Student	5.02

PLOMO-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	0.31107621
Error típico de est Y	1.01922168
R cuadrado	0.58804132
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	39.4988917
Error típico del coef	14.7850504
t-Student	2.67

COBRE-PLATA

Resultado de la regresión	
Constante	-0.03518029
Error típico de est Y	0.1432269
R cuadrado	0.0816801
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

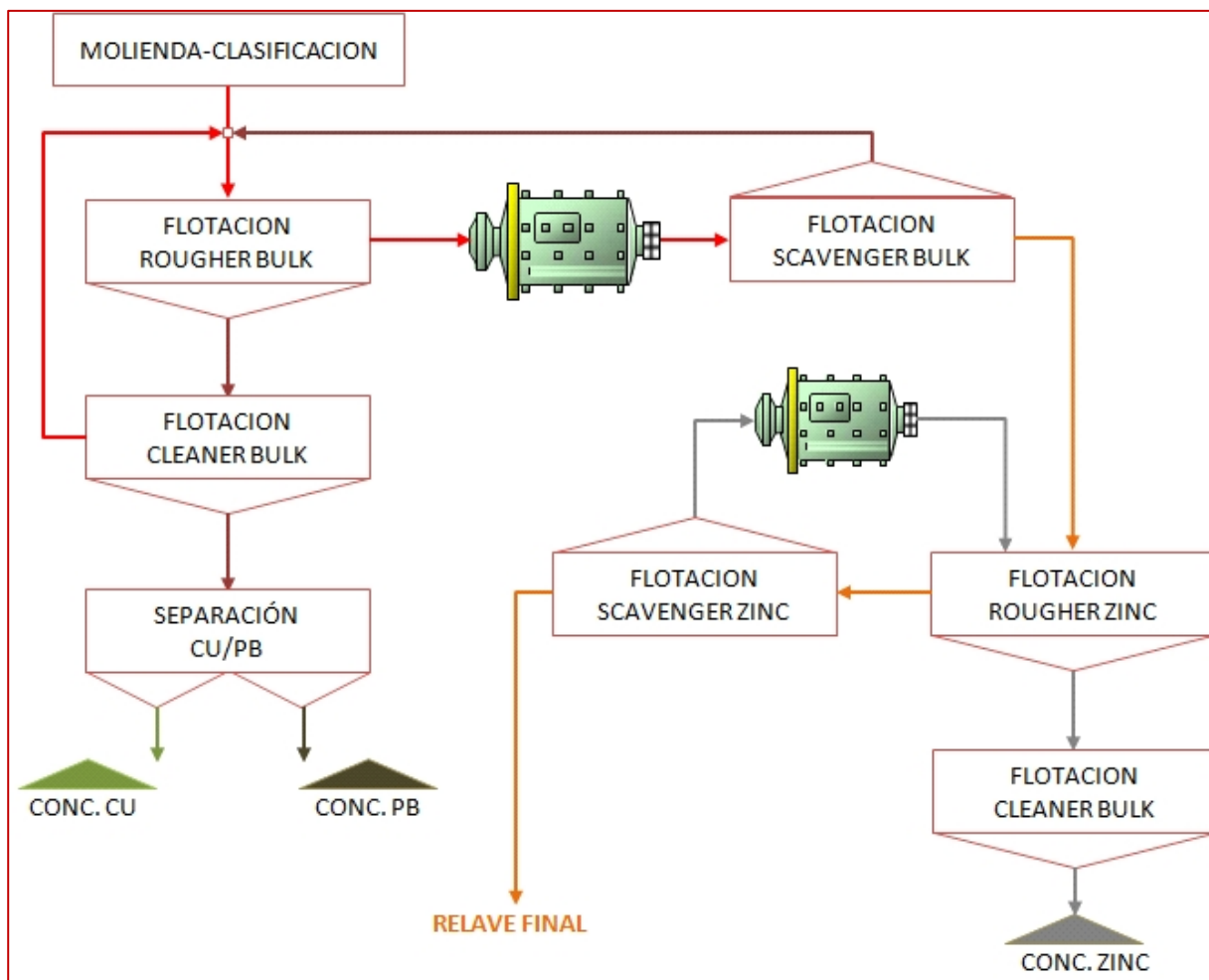
Coefficientes X	8.10204346
Error típico del coef	12.149221
t-Student	0.67

COBRE-HIERRO

Resultado de la regresión	
Constante	-4.23740189
Error típico de est Y	1.18875425
R cuadrado	0.43959693
Nº de observaciones	7
Grados de libertad	5

Coefficientes X	199.699971
Error típico del coef	100.836074
t-Student	1.98

Anexo N° 06.- Circuito de planta concentradora Berna II antes de agregar remolienda.



Anexo N° 07.- Circuito de planta concentradora Berna II después de agregar remolienda

