

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Metalúrgica

Profesor Patrocinante
Dr. Leopoldo Gutiérrez Briones.
Ingeniero Supervisor
Ing. Patricio Viveros López.

**OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE COBRE EN EL
CIRCUITO DE FLOTACIÓN DE CODELCO-EL SALVADOR EN BASE A LA
EVALUACIÓN DE NUEVAS FORMULACIONES DE REACTIVOS DE FLOTACIÓN**



Víctor Velásquez Barrenechea

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Metalúrgico

Abril, 2018



*A mi mujer, por alentarme a dar lo mejor de mí.
A mis padres, por su apoyo y formación.
A mis hermanos, por su preocupación constante.
A mis sobrinos, por llenarme de vida.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo agradecer a División Salvador Codelco Chile, Planta Concentradora, particularmente a ingenieros de procesos, Jefes de área y compañeros de trabajo, los que han facilitado el desarrollo de mi memoria. A quienes me han permitido mi crecimiento profesional y personal dentro de esta división, Paola Venegas y Patricio Viveros, por haber dedicado parte de su tiempo en aconsejarme.

Al Dr. Fernando Parada junto al Dr. Leopoldo Gutiérrez, quienes con su apoyo y gran disposición me han permitido cerrar este proceso.

Agradecer a Víctor y Anita, por ser parte del profesional y la persona que soy; a Diana por su amor, entrega y apoyo incondicional, alentándome a culminar este proceso, a mis hermanos; especialmente a Denisse por su ayuda, tiempo, presión constante y consejos en esta última parte.

Infinitas gracias a mi familia de Salvador, quienes me acompañan y me hacen sentir como en casa y finalmente, agradecer a mis amigos de Universidad en especial a Irma, Natali, Gabriela y Carlos, que aunque no estén tan cerca... siempre están.

RESUMEN

La restricción de explotación de minerales provenientes de Mina Rajo Abierto "Campamento Antiguo" de Codelco, División Salvador, que presentaba alta Ley de cobre y alto potencial de recuperación en Planta Concentradora, obligó a recurrir a Mina Rajo Abierto "Quebrada M", la cual presenta un menor desempeño metalúrgico. Esto agudiza la preocupación por generar la rentabilidad esperada en Codelco División Salvador, por lo cual, también se comienza a analizar la opción de recuperar Cu desde escorias provenientes de la fundición Potrerillos.

Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue seleccionar reactivos de flotación (colectores y espumantes) que permitan incrementar la recuperación metalúrgica en minerales y escorias de fundición en División Salvador.

Para responder a la problemática señalada, se realizaron pruebas de laboratorio con un test estándar que se trabajó en condiciones similares a la planta concentradora (granulometría, dilución, dosificación de reactivos, tiempo de acondicionamiento y flotación, nivel de pulpa, RPM) y permitió comparar el rendimiento metalúrgico de los reactivos en estudio, dando la posibilidad de seleccionar el reactivo de mejor rendimiento para pasar a una prueba a escala industrial.

Las pruebas a escala industrial fueron realizadas en condiciones "ON-OFF", entendiéndose por esto un período con la nueva formulación de reactivos y otro período con la formulación estándar. Para el caso especial de la escoria, ésta se procesó por un circuito independiente, que consistió en ocupar la sección 5 de molienda y la línea 5 rougher.

Los resultados más importantes obtenidos en las pruebas realizadas fueron los siguientes:

- La mejor recuperación de Cu a nivel de laboratorio para mineral se obtuvo mediante el colector Hostaflot E-501 en comparación con los demás colectores a prueba, aumentando en 2,5 puntos porcentuales la recuperación con respecto a la prueba estándar.
- La mejor formulación de reactivos para optimizar la recuperación de Cu en la escoria proveniente de fundición a nivel de laboratorio es la siguiente:

Prueba	Dosis
Alternativa 2	Hostafлот NP-107 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Flotanol H-70 (40 gpt)

Esta logra un aumento de cuatro puntos porcentuales de recuperación de Cu en comparación con la flotación estándar de laboratorio.

- La mejor opción para optimizar la recuperación de Cu de la mezcla alimentada con mayor proporción de material de rajo "QM" es la siguiente:

Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E- 501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Espumante (g/t)
-	20	18	12	28

De esta forma se logra aumentar en 2,0 puntos porcentuales la recuperación de Cu con respecto a la formulación estándar de reactivos.

- Con respecto a la prueba industrial con escoria, la nueva formulación de colectores aumenta la recuperación de Cu, logrando 4 puntos en promedio más con respecto al estándar en cada fase de prueba (71% vs 67% aproximadamente), bajo condiciones de operación equivalentes (P80, tonelaje o niveles de procesamiento, pH, etc.).
- Por otra parte, se debe trabajar con niveles de procesamiento no superior a los 190 t/h de escoria, debido a que al sobrepasar este límite, el p80 empieza a incidir de forma negativa en la recuperación de Cu disminuyendo la recuperación de Cu en 3 puntos porcentuales, en comparación con los períodos restantes de pruebas.

ABSTRACT

The restriction of mineral exploitation from Codelco's Open Pit Mine "Campamento Antiguo", Salvador, which showed a high Copper's Law and a high recovery potential at the smelting foundry, forced it to appeal to Open Pit Mine "Quebrada M", which showed a lower metallurgical performance. This aggravates the worry of reaching the profitability expected at Codelco División Salvador. Therefore, the analysis of the option of recovering copper from slags from Potrerillo's foundry.

The main goal of this work was to select flotation reagents (blowing and collectors) which would allow to increase the metallurgical recovery of División Salvador's minerals and smelting slags.

To answer this question, several laboratory tests were performed through a standard test, which was carried out under similar conditions as the foundry ones (granulometry, dilution, dosage of reagents, conditioning and floating time, pulp level, RPM). This allowed comparing the metallurgical efficiency of the reagents under study, opening the possibility to select the one with better performance to pass a test on an industrial scale.

Industrial scale tests were carried out at "ON-OFF" conditions, meaning a period with the new reagents and a second one with the standard formulation. The special case of slag was processed on an independent circuit, which consisted of a grinding sector and rougher number 5 line.

The most important results obtained in the test were:

- The best copper recovery was obtained through the Hostafлот collector E-501, compared to the rest of the collectors under study, increasing in a 2,5 percent the recovery respect to the standard test.
- The best reagent formulation to optimize copper's recovery from the smelting slag on a laboratory level was the following:

Test	Dosage
Alternative 2	Hostafлот NP-107 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Flotanol H-70 (40 gpt)

This alternative achieves an increase of 4 percent on copper's recovery, compared to the laboratory standard flotation.

The best option to optimize copper's recovery of the mix fed with a higher proportion of material from the open pit "QM" is the following:

Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E-501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Blowing (g/t)
-	20	18	12	28

In this way, an increment of 2,0% copper's recovery is achieved with respect to the standard reagent formulation.

- Regarding the industrial test with slag, the new collector's formulation increases copper's recovery, reaching in average a 4 percent more than the standard in each test phase (71% vs 67% approximately), under equivalent operational conditions. (P80, processing levels, pH, etc).
- On the other hand, the processing levels must not be higher than 190 t/h slag, because after exceeding, the p80 starts to influence on a negative way the copper recovery, decreasing it in a 3 percent, compared to the remaining period tests.

ÍNDICE

Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	vi
Índice	viii
Índice de Figuras	xii
Índice de Gráficos	xiii
Índice de Tablas	xv
Índice de Ecuaciones	xvii
Índice de Anexos	xviii
Nomenclatura y Abreviaciones	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Metodología	4
2. ANTECEDENTES TEÓRICOS	6
2.1 Codelco-Chile. División Salvador	6
2.2 Caracterización de Planta Concentradora	8
2.2.1 Caracterización del Proceso de Chancado	9
2.2.2 Caracterización del Proceso de Molienda y Clasificación	11
2.2.3 Caracterización Proceso de Flotación	13
2.2.4 Caracterización de la Planta de Tratamiento de Escoria y Relaves	15
2.2.5 Caracterización Proceso de Flotación por Cascada	16
2.2.6 Caracterización de la Planta de Filtros	17
2.2.7 Caracterización de la Planta Recuperadora de Aguas	17
2.3 Reactivos de Flotación	18
2.3.1 Colectores	18
2.3.2 Reactivos Específicos	19
Los Reactivos Hostaflot	20
Flotanol	20
Química Orgánica	21
2.4 Acondicionamiento	22

2.5	Variables de Operación	22
2.6	Evaluación del Proceso de Flotación	23
	2.6.1 Recuperación Metalúrgica	23
	2.6.2 Recuperación en Peso	23
	2.6.3 Razón de Concentración	24
	2.6.4 Razón de Enriquecimiento	24
	2.6.5 Recuperación Económica	24
2.7	Cinética de Flotación	24
	2.7.1 Flotación Batch	25
3	DESARROLLO EXPERIMENTAL	26
3.1	Materiales y Equipos	26
3.2	Reactivo Patrón y Reactivos a Evaluar	27
3.3	Variables Operacionales	28
	3.3.1 Gravedad Específica	28
	3.3.2 Análisis Granulométrico	29
	3.3.3 Tiempo de Molienda	29
	3.3.4 Densidad de la Pulpa de Reactivos Específicos	30
	3.3.5 Aireación	31
	3.3.6 Regulación del Ph	32
	3.3.7 Calidad del Agua	32
	3.3.8 Tiempo requerido para la prueba a Nivel Industrial	32
	3.3.9 Dosificación	33
3.4	Programa de Pruebas a Escala de Laboratorio	35
	3.4.1 Primera Opción de Pruebas	35
	3.4.2 Segunda Opción de Pruebas	35
	3.4.3 Tercera Opción de Pruebas	36
3.5	Programa de Pruebas a Escala Industrial	36
	3.5.1 Primera Opción de Pruebas	36
	3.5.2 Segunda Opción de Pruebas	38
	3.5.3 Tercera Opción de Pruebas	39
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES.	42
4.1	Pruebas de Flotación a Escala de Laboratorio	42
	4.1.1 Primer Set de Pruebas	42

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica	42
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu Sulfurado	43
Aporte Cu Oxidado y Cu Sulfurado a Recuperación Total	44
4.1.2 Segundo Set de Pruebas	44
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica	44
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu y Másicas	45
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu Sulfurado	46
4.1.3 Tercer Set de Prueba	46
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica	47
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu y Recuperaciones de Cu Sulfurado	48
4.2 Pruebas de Flotación a Escala Industrial	48
4.2.1 Primer Set de Pruebas	49
Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher	51
Efecto de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher	52
Recuperación Cu Sulfurado Rougher	52
Recuperación Másica y Ley de Concentrado	53
Recuperación Molibdeno Rougher	54
4.2.2 Segundo Set de Pruebas	54
Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher	57
Efecto de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher	57
Recuperación Cu Sulfurado Rougher	58
Recuperación Másica y Ley de Concentrado	59
Recuperación Molibdeno Rougher	59
4.2.3 Tercer Set de Prueba	60
Efecto de la Granulometría en Recuperación de Cu en Escoria	62
Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Rougher	63
Recuperación Molibdeno Rougher	64
Recuperación Másica y Ley de Concentrado	64
5 CONCLUSIONES	66

6	RECOMENDACIONES	69
7	BIBLIOGRAFÍA	70
8	ANEXOS	71
8.1	Datos Operacionales para Primera Prueba	71
8.2	Datos Operacionales para Segunda Prueba	73
8.3	Datos Operacionales para Tercera Prueba	75
8.4	Procedimiento Flotación Estándar de Laboratorio con Correa # 30	78



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Foto aérea ciudad "El Salvador"	7
Figura 2. Planta Concentradora División Salvador, vista aérea	8
Figura 3. Proceso de Chancado Primario	9
Figura 4. Proceso de Chancado Secundario-Terciario. Sección 1	10
Figura 5. Proceso de Chancado Secundario-Terciario. Sección 2-3	10
Figura 6. Proceso de Molienda. Sección 1- 4	11
Figura 7. Proceso de Molienda. Sección 5	12
Figura 8. Molino de Barras	13
Figura 9. Molino de Bolas	13
Figura 10. Proceso de Flotación	15
Figura 11. Diagrama General, Planta de Tratamiento de Escoria y Relaves	16
Figura 12. Estructura Xantatos.	19
Figura 13. Estructura Ditiolfosfatos	19
Figura 14. Estructura Ditiocarbamatos	19
Figura 15. Estructura Dixantógenos	19
Figura 16. Estructura de dixantógenos producidos por oxidación del Xantato	19
Figura 17. Estructura Alkyl Tionocarbamatos	19
Figura 18. Estructura Alkyl Thioether Amines	20
Figura 19. Estructura del isopropil Xantato de sódio	21
Figura 20. Estructura de Ditiolfosfatos	21
Figura 21. Estructura de Tionocarbamatos	22
Figura 22. Cadena de Xantoforminatos	22

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfica comparativa de recuperaciones por elemento obtenidas entre la flotación estándar y las pruebas de flotación realizadas con el reactivo Hostafлот E-501, Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107	42
Gráfico 2. Gráfica comparativa de recuperaciones de Cu y recuperación de Cu Sulfurado obtenidas entre la flotación estándar y las pruebas de flotación realizadas con el reactivo Hostafлот E-501, Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107	43
Gráfico 3. Gráfica que representa el Aporte de Cu Oxidado y Cu sulfurado a la recuperación total	44
Gráfico 4. Gráfica comparativa de recuperaciones por elemento obtenidas entre la flotación estándar y variación de dosis de Hostafлот E-501 y Xantato 343	44
Gráfico 5. Gráfica comparativa de recuperaciones Cu y másicas obtenidas entre la flotación estándar y variación de dosis de Hostafлот E-501 y Xantato 343	45
Gráfico 6. Gráfica comparativa entre cada una de las flotaciones realizadas con diferentes mezclas de colectores	46
Gráfico 7. Gráfica comparativa de las recuperaciones obtenidas entre la flotación base y las alternativas de flotación realizadas con reactivos Hostafлот	47
Gráfico 8. Gráfica comparativa del porcentaje de recuperación de cobre total y recuperación de Cu Sulfurado	48
Gráfico 9. Gráfica comparativa del porcentaje de recuperación de cobre total y recuperación de Cu Sulfurado	50
Gráfico 10. Gráfica del Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher	51
Gráfico 11. Gráfica de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher	52
Gráfico 12. Gráfica de Recuperación de Cu Sulfurado Rougher	52
Gráfico 13. Gráfica de Recuperación Másica y Ley de Concentrado	53
Gráfico 14. Gráfica de Recuperación Molibdeno Rougher	54
Gráfico 15. Gráfica Mineral Alimentado Con y Sin Reactivo	55
Gráfico 16. Gráfica del Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher	57
Gráfico 17. Gráfica de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher	57
Gráfico 18. Gráfica de Recuperación de Cu Sulfurado Rougher	58
Gráfico 19. Gráfica de Recuperación Másica y Ley de Concentrado	59
Gráfico 20. Gráfica de Recuperación Molibdeno Rougher	59

Gráfico 21. Nivel de procesamiento y granulometría en Recuperación de Cu en Escoria.	62
Gráfico 22. Efecto de la Granulometría en Recuperación de Cu en Escoria.	62
Gráfico 23. Efecto de nueva mezcla de reactivos en recuperación Rougher.	63
Gráfico 24. Recuperación Molibdeno Rougher.	64
Gráfico 25. Recuperación Másica y Ley de Concentrado.	64



ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Potencial de recuperación que tiene el mineral sulfurado con distinto origen (año 2015 – 2016)	2
Tabla 2. Producción de Cobre División Salvador	8
Tabla 3. Descripción de Molinos de Barras y Molinos de Bolas	12
Tabla 4. Cómposito de Mineral para Pruebas de Laboratorio	26
Tabla 5. Propiedades Físicas de los Reactivos Específicos	27
Tabla 6. Reactivos Patrón	28
Tabla 7. Gravedad Específica del Mineral y la Escoria	29
Tabla 8. Análisis Granulométrico del Mineral y la Escoria	29
Tabla 9. Tiempo Óptimo de Molienda	30
Tabla 10. Densidad de Reactivos Estándar	31
Tabla 11. Densidad de Reactivos Específicos	31
Tabla 12. Parámetros de Dosificación. Sala de Control. Planta Concentradora	33
Tabla 13. Primera Opción de Programa de Pruebas	35
Tabla 14. Segunda Opción de Programa de Pruebas	35
Tabla 15. Propuesta de Prueba para la Escoria	36
Tabla 16. Sistema de Operación Con y Sin Reactivo	37
Tabla 17. Sistema de Operación Sin Reactivo	37
Tabla 18. Sistema de Operación Con Reactivo	38
Tabla 19. Sistema de Operación con nueva formulación C/R y con prueba estándar S/R.	38
Tabla 20. Sistema de Operación Sin Reactivo	39
Tabla 21. Sistema de Operación Con Reactivo	39
Tabla 22. Sistema de Operación Con nueva formulación C/R y con prueba estándar S/R.	40
Tabla 23. Sistema de Operación Sin Reactivo	41
Tabla 24. Sistema de Operación Con Reactivo	41
Tabla 25. Recuperaciones por Cu, Fe, Mo y másica	47
Tabla 26. Mineral Alimentado Con y Sin Reactivo	49
Tabla 27. Resultados Set de Primera Prueba a Escala Industrial	51
Tabla 28. Mineral Alimentado Con y Sin Reactivo	55

Tabla 29. Resultados Set Segunda Prueba a Escala Industrial	56
Tabla 30. Formulación de reactivos a prueba nivel escala industrial	60
Tabla 31. Parámetros de alimentación de escoria para prueba a nivel industrial	60
Tabla 32. Resultados Tercera Prueba a Escala Industrial.	61
Tabla 33. Formulaciones de Reactivos para Prueba Industrial	66
Tabla 34. Formulación de Reactivo para Escorias de Fundición	67
Tabla 35. Formulación de Reactivos para Mezcla con Mayor Proporción "QM"	68



ÍNDICE DE ECUACIONES

(1)	Índice De Selectividad	5
(2)	Radio De Enriquecimiento	5
(3)	Eficiencia De Separación	5
(4)	Recuperación Metalúrgica	23
(5)	Recuperación Metalúrgica	23
(6)	Recuperación de Peso	23
(7)	Recuperación de Concentración	24
(8)	Razón de Enriquecimiento	24
(9)	Recuperación Económica	24
(10)	Dosificación	33



8. ANEXOS

8.1	Datos Operacionales para Primera Prueba	71
8.2	Datos Operacionales para Segunda Prueba	73
8.3	Datos Operacionales para Tercera Prueba	75
8.4	Procedimiento Flotación Estándar de Laboratorio con Correa # 30	78



NOMENCLATURA Y ABREVIACIONES

c	Ley de Concentrado
C	Masa de Concentrado
[cm]	Centímetros
I.S	Índice de Selectividad
Ja	Rechazo de constituyente a en producto B
Jb	Recuperación de constituyente b en producto B
K	Razón de Concentración
[km]	Kilómetros
[m]	metro
m	Ley de Minerales Puros contenidos en la cabeza
[m ²]	Metros cuadrados
[m ³]	Metros cúbicos
[mm]	Milímetros
R.E	Radio de Enriquecimiento
Ra	Recuperación de constituyente a en producto A
Rb	Recuperación de constituyente b en producto A
REC	Recuperación Económica
Rg	Recuperación del otro constituyente (ganga relativa) en el mismo concentrado.
Rm	Recuperación del Constituyente deseado en el concentrado
RP	Recuperación en Peso
rpm	Revoluciones por minuto
t	Ley de Relave
#Ty	Malla Tyler
TMA	Toneladas métricas anuales
TMF	Toneladas métricas finas
[um]	Micrones
XR	Tiempo de espera (seg) entre un golpe y otro

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la industria minera debe enfrentarse a una gran cantidad de desafíos entre ellos el procesamiento de minerales cada vez más complejos. La flotación es una técnica de concentración que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales o interfaciales del mineral útil y la ganga. Se basa en la adhesión selectiva de algunos sólidos a burbujas de aire, las cuales transportan los sólidos a la superficie de la celda de flotación, donde son recolectados y recuperados como concentrado. La fracción que no se adhiere a las burbujas permanece en la pulpa y constituye las colas o relaves. En esencia, la flotación separa las partículas valiosas de las partículas de ganga basándose en la adhesión selectiva a burbujas de aire. La clave del proceso se basa en la selectividad de la adhesión, es decir, sólo algunas partículas tienen la propiedad de adherirse espontáneamente a las burbujas de aire. La propiedad que gobierna la adhesión es la hidrofobicidad, y por tanto, las partículas que cumplen con esta condición y flotan son denominadas hidrofóbicas mientras que, aquellas partículas que no flotan y conforman las colas o relave son llamadas hidrofílicas.

Considerando que en la naturaleza existen muy pocos minerales con hidrofobicidad natural que puedan flotar espontáneamente, la flotación pasó a constituirse en una tecnología valiosa cuando se descubrió cómo transformar selectivamente especies hidrofílicas en hidrofóbicas, mediante la acción de reactivos de flotación llamados colectores.

En este sentido, la flotación es una de las preocupaciones en la industria minera, y específicamente de Codelco División Salvador, que está incorporando e implementando en sus operaciones y proyectos el desarrollo sustentable, con políticas que promueven aprovechar todos los recursos disponibles para asegurar la generación de valor. La optimización de recursos tiene repercusiones en los costos de producción, por ello, la Gerencia Operaciones Minas Plantas, División Salvador, realiza estudios en forma permanente en el campo de la innovación con el objetivo de optimizar sus procesos maximizando el valor económico del negocio. Sin embargo, la necesidad de optimizar los procesos se agudiza con la restricción de explotación de minerales provenientes de Mina Rajo Abierto "Campamento Antiguo" que presenta alta Ley de cobre y alto potencial de recuperación en Planta Concentradora, obligando a recurrir a Mina Rajo Abierto

“Quebrada M” para generar la rentabilidad esperada. En este sentido, aumenta la preocupación por aumentar el potencial de recuperación que tiene el mineral alimentado, considerando que la Mina Rajo Abierto “Quebrada M”, presenta un menor desempeño metalúrgico, poniendo en riesgo los programas de producción comprometidos.

La Tabla 1 resume el potencial de recuperación que tiene el mineral sulfurado con distinto origen (año 2015 – 2016).

Tabla 1. Potencial de recuperación de Cu con distinto origen (año 2015 – 2016).

		Potencial Recuperación 2015-2016					
		QM		CA		M Subterránea	
		Ley Cu (%)	Rec Cu (%)	Ley Cu (%)	Rec Cu (%)	Ley Cu (%)	Rec Cu (%)
2015	Enero	0,610	63,22	0,856	90,34	0,516	81,98
	Febrero	0,589	58,45	0,821	90,52	0,508	83,03
	Marzo	0,576	59,73	0,922	91,03	0,531	82,51
	Abril	0,601	61,43	0,878	90,89	0,512	83,39
	Mayo	0,593	60,58	0,832	89,92	0,517	82,50
	Junio	0,611	62,95	0,840	90,08	0,498	82,64
	Julio	0,611	62,32	0,789	89,44	0,511	82,06
	Agosto	0,605	60,34	0,791	89,13	0,512	81,77
	Septiembre	0,587	58,95	0,775	89,78	0,522	82,37
	Octubre	0,564	58,41	0,844	90,65	0,527	83,17
	Noviembre	0,577	59,10	0,847	90,43	0,505	82,96
	Diciembre	0,581	57,82	0,840	89,12	0,510	81,76
2016	Enero	0,566	59,21	0,857	89,71	0,525	82,30
	Febrero	0,541	57,45	0,852	89,56	0,525	82,17
	Marzo	0,632	61,71	0,858	88,92	0,522	81,58
	Abril	0,577	59,81	0,849	89,44	0,527	82,06
	Mayo	0,59	58,87	0,849	89,75	0,526	82,34
	Junio	0,594	59,71	0,861	89,31	0,523	82,94
	Julio	0,555	57,31	0,857	89,66	0,525	82,26
	Agosto	0,548	58,11	0,887	90,71	0,531	82,22
	Septiembre	0,571	58,75	0,910	91,44	0,536	83,89
	Octubre	0,569	59,31	0,904	91,12	0,534	83,60
	Noviembre	0,563	59,81	0,900	91,65	0,537	81,08
	Diciembre	0,573	58,30	0,896	91,22	0,534	82,69

Junto a los datos presentados, y la preocupación por generar la rentabilidad esperada en Codelco División Salvador, también se comienza a analizar la opción de recuperar Cu desde escorias provenientes de la fundición Potrerillos. Dichas escorias,

poseen leyes de cobre que van desde 1,5% a 2,5% pero mineralógicamente contienen grandes cantidades de óxidos de cobre, hierro y sílice, convirtiéndolas en escorias muy duras y abrasivas para el proceso de concentración, lo que, genera pérdidas importantes en recuperación de cobre. Pero, aun así, el alto contenido de Cu presente en las escorias la transforma en una potencial materia prima para solventar los programas de producción comprometidos con el Ministerio de Hacienda. Con todo ello, surge la disyuntiva de cómo lograr un mejor rendimiento metalúrgico, por lo que, es indispensable buscar, examinar, probar e incorporar nuevas alternativas de productos químicos y servicios integrados existentes hoy en día para la minería. La información expuesta representa un importante nicho para experimentar nuevos parámetros de trabajo que permitan una mejora en la recuperación general de la planta, mediante la utilización de nuevas formulaciones de reactivos.

A partir de lo planteado, los objetivos de la presente memoria de título se presentan a continuación.

1.1 Objetivo General.

El objetivo general de este trabajo fue seleccionar reactivos de flotación (colectores y espumantes) que permitieran incrementar la recuperación metalúrgica en minerales y escorias de fundición.

1.2 Objetivos Específicos.

- Desarrollar un programa de pruebas a nivel de laboratorio para evaluar correctamente los reactivos de flotación que serán utilizados en el procesamiento de minerales de Cu y en el tratamiento de escorias de fundición.
- Evaluar mediante pruebas de laboratorio la recuperación de cobre total y la recuperación de cobre sulfurado entre las alternativas propuestas para elegir la mejor opción.
- Evaluar el comportamiento de los reactivos específicos en la recuperación metalúrgica manteniendo al menos el nivel de recuperación de los otros elementos de interés, a través de una prueba a escala industrial.

1.3 Metodología.

Para alcanzar los objetivos planteados, se realizaron las pruebas de laboratorio. Etapa que es considerada de gran importancia, porque su función es seleccionar el reactivo de mejor rendimiento que debe pasar a una prueba en Planta. Para iniciar las pruebas fue establecida una prueba de referencia o patrón que servirá como medida de comparación, frente a las pruebas que se ejecuten con los reactivos a evaluar, esta prueba de referencia es la Prueba estándar, definida a nivel de laboratorio, la cual representa las condiciones ideales de operación de la Planta concentradora. Esta prueba que es trabajada en condiciones similares a la planta concentradora servirá para comparar el rendimiento metalúrgico de cualquier reactivo u otra variable en estudio.

Para dar a todos los reactivos en prueba la misma oportunidad de demostrar sus propiedades, las **Pruebas de Laboratorio** serán efectuadas en condiciones exactamente iguales a la prueba estándar, es decir, granulometría, dilución, dosificación de reactivos, tiempo de acondicionamiento y flotación, nivel de pulpa, RPM, remoción de espumas, entre otros. La técnica empleada durante la flotación estándar será la misma que para las demás pruebas, en relación a la inclinación, profundidad, modalidad y frecuencia de remoción de espumas, frecuencia de lavado, evitando con ello, errores experimentales, que podría ocasionar conclusiones erróneas. Las Pruebas Metalúrgicas serán realizadas con flotaciones rougher, por ser este rápido y económico, posteriormente ya con el o los reactivos seleccionados, y luego de los resultados de la presente investigación, se podrá ir a pruebas más elaboradas donde se incluyan etapas de limpieza y/o pruebas de ciclo cerrado (cycle test or lock test).

La evaluación de reactivos será en base a recuperación, ley de concentrado, razón de enriquecimiento, y otros criterios metalúrgicos. En caso de que los resultados metalúrgicos obtenidos con el o los reactivos evaluados sean ligeramente superiores al estándar y la eficiencia del o los reactivos no está bien definida, se aplicarán pruebas donde se incluyan etapas de limpieza y/o pruebas cerradas para confirmar o descartar las bondades del reactivo.

A parte de calcular la recuperación, razón de concentración, ploteo de gráficos etc. se debe determinar otros Parámetros de Evaluación como, el índice de selectividad, radio de enriquecimiento y eficiencia de separación de la siguiente manera:

$$I.S. = \frac{\bar{O}R_a * J_b}{R_b * J_a} \quad (1)$$

$$R. E. = \frac{c}{h} \quad (2)$$

$$E. S. = R_m - R_g = \frac{(h-s)}{(c-h)} * \left(\frac{c}{h} - \frac{(m-c)}{(m-h)} \right) \quad (3)$$



2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

La presente memoria de título se realizó en Codelco Chile, División Salvador, y se aplicó específicamente en la etapa de Flotación, perteneciente al área concentradora.

2.1 Codelco – Chile – División Salvador.

Codelco representa a la Corporación Nacional del Cobre de Chile, una empresa estatal chilena dedicada a la exploración, desarrollo, explotación, procesamiento y posterior comercialización de los recursos mineros cupríferos y sus subproductos, siendo el productor más grande del mundo. Las operaciones que permiten a Codelco poseer el mayor nivel de reservas y recursos de cobre conocidos en el planeta, son realizadas a través de sus siete divisiones mineras: Radomiro Tomic, Chuquibambilla, Gabriela Mistral, Ministro Hales, Salvador, Andina y El Teniente. A estas operaciones se suma la División Ventanas, dotada de instalaciones de Fundición y Refinería, que pertenece a Codelco desde el año 2005. Dichas divisiones son las encargadas de la explotación de los yacimientos, el procesamiento de los minerales, y la obtención del metal y sus subproductos para el envío a los mercados internacionales. Durante el año 2016, su producción alcanzó una cifra récord histórico que representa un 10% de la producción mundial y un 33% de la producción nacional, siendo clave para el desarrollo de Chile.

La División Salvador de Codelco Chile, se encuentra emplazada en un sector precordillerano de los Andes, en la comuna de Diego de Almagro, Región de Atacama, a unos 198 [km] al noreste de Copiapó, y a una altitud de 2.600 [m] sobre el nivel del mar, cuenta con la particular característica de ser la última ciudad-campamento existente en Chile. Salvador comenzó a explotar sus minerales en el año 1959 y actualmente opera los yacimientos Inca (explotado de forma subterránea) y las minas Campamento Antiquo, Quebrada M y otros cuerpos satélites de menor envergadura (explotadas a rajo abierto). Junto a ello, opera una Planta de Concentración, Planta de Tratamiento de Escoria y Relaves (procesos de lixiviación), todos ubicados en las cercanías de la ciudad de Salvador, Fundición y Refinería, ambas ubicadas en el sector de Potrerillos a 2.850 [m] sobre el nivel del mar y, por último, el Puerto de Barquito, lugar de embarque de sus productos, ubicado al sur de Chañaral a 167 [km] de Copiapó.



Figura 1. Foto aérea ciudad de El Salvador.

División Salvador cuenta con las siguientes instalaciones para el procesamiento del mineral sulfurado Mina Subterránea (Nivel Inca), Mina a Rajo Abierto (Campamento Antiguo, desde el año 2015 con explotación restringida por falla geomecánica), Mina a Rajo Abierto (Quebrada M), Planta Concentradora, Filtrado, Planta de Tratamiento de Relaves, Los Amarillos, Fundición Potrerillos y Embarque (Puerto de Barquito). La Mina "Inca" de explotación subterránea que incluye las áreas de Inca Norte, Inca Oeste, Inca Central Oeste e Inca Extensión Sur y las minas "Campamento Antiguo" y "Quebrada M" a rajo abierto, es desde donde se obtiene el material esencial para determinar la cantidad de cobre soluble que trae consigo el mineral sulfurado.

En términos generales, la producción de minerales oxidados de División Salvador equivale a 3 millones de toneladas año (MTA) con una ley media de 0,60% y una producción de 16 mil toneladas métricas de cobre fino, mientras que los minerales sulfurados corresponden a 11,5 MTA año, con una ley promedio de 0,50% y una producción de 42 mil toneladas métricas finas de cobre. La operación también obtiene subproductos como molibdeno, barro anódico y ácido sulfúrico.

Por su parte, la fundición y refinería procesa 600 mil toneladas de concentrado; concentrado propio (40%) y de terceros (60%). En tanto, el Puerto de Barquito permite el embarque de cátodos de cobre, concentrado, petróleo y ácido sulfúrico. La producción total de minerales sulfurados de cobre de los últimos años se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Producción de Cobre División Salvador.

División Salvador					
Producción de Cobre [TMF]			Producción de Molibdeno [TMF]		
2015	2016	2017	2015	2016	2017
32.752	43.871	40.765	828,2	901,9	853,9

A partir la tabla, se advierte la disminución en la producción de la Planta Concentradora División Salvador, alcanzando el año 2017 una producción total de 40.765 toneladas métricas finas de cobre y 853,9 toneladas métricas finas de molibdeno, lo que permite reafirmar la problemática a resolver.

2.2 Caracterización de la Planta Concentradora.

La Planta Concentradora procesa 30.000 toneladas día de mineral de los diferentes sectores de la mina Subterránea y mina a Rajo Abierto. El contenido promedio de la ley de cobre es de 0,5%. Las principales especies de cobre que predominan en los yacimientos mineros son calcopirita y calcosina, pero también hay minerales secundarios tales como pirita y molibdenita asociados al mineral. El mineral es tratado por los circuitos de chancado, molienda y flotación, alcanzando una recuperación de cobre de un 75% aproximadamente, generándose una producción promedio de 110 toneladas finas de concentrado de cobre por día, con una ley de cobre total de 19%.



Figura 2. Planta Concentradora División Salvador, vista aérea.

2.2.1 Caracterización del Proceso de Chancado.

La etapa de chancado primario procesa el mineral de la mina Subterránea y mina a Rajo Abierto con una capacidad nominal de tratamiento de 43.200 toneladas por día, con dos chancadores giratorios que trituran el mineral hasta obtener un producto menor a 6". El producto final de esta etapa es enviado a un "stock" denominado acopio de gruesos de 15.000 toneladas vivas y 15.000 toneladas removibles de capacidad. Tal como se muestra en la figura 3.

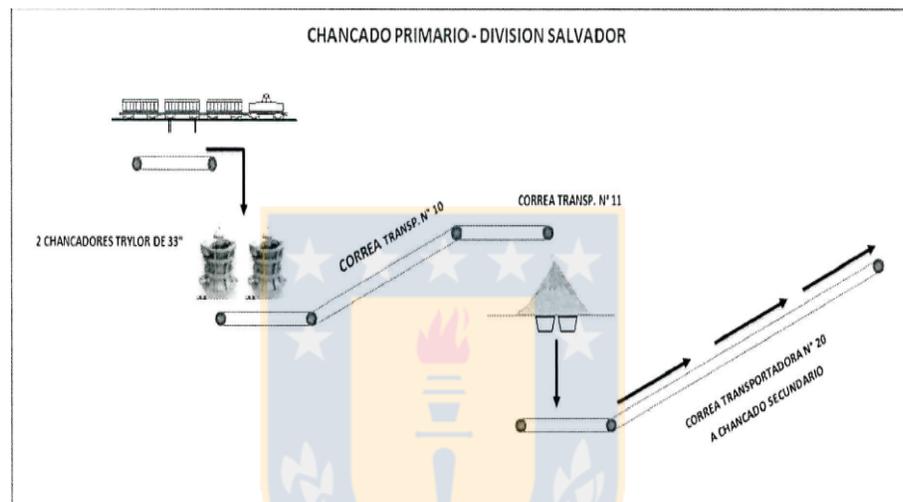


Figura 3. Proceso de Chancado Primario.

Luego, la etapa de chancado secundario-terciario le da continuidad al proceso, iniciándose con la extracción del mineral desde el acopio de gruesos, a través de alimentadores electromagnéticos, que mediante correas los transportan hacia tres secciones. En la primera sección, se descarga el material a un harnero vibratorio de doble cubierta que descarga el sobre tamaño directamente a un chancador Symons Standard, el que alimenta a dos harneros vibratorios con una abertura en sus mallas de 5/8" por 5/8". Del mismo modo, el sobre tamaño de ambos harneros es tratado en dos chancadores Symons cabeza corta que entrega un producto equivalente a 5%+1/2", mismo producto que entregan los harneros terciarios. Tal como se muestra en la figura 4.

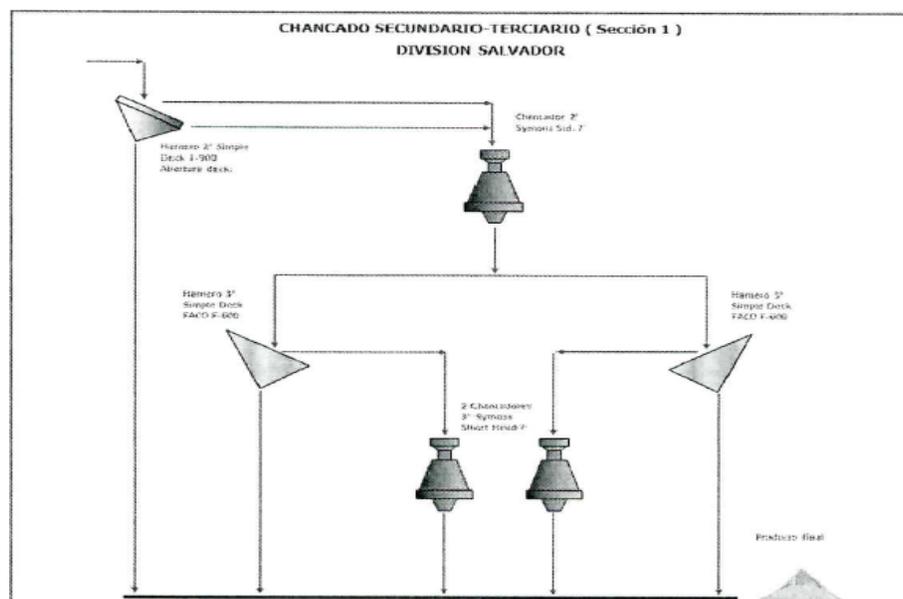


Figura 4. Proceso de Chancado Secundario-Terciario. Sección 1.

En la segunda y tercera sección, el mineral es alimentado a un harnero vibratorio de cubierta simple, que descarga el sobre tamaño a un chancador Symons Standard que alimenta a otro par de harneros vibratorios. El bajo tamaño del primer harnero alimenta a los harneros vibratorios de $\frac{1}{2}$ " por $\frac{1}{2}$ " y su sobre tamaño alimenta a dos chancadores Symons de cabeza corta que entrega un producto equivalente a $5\%+1/2$ ", mismo producto que entregan los harneros terciarios.

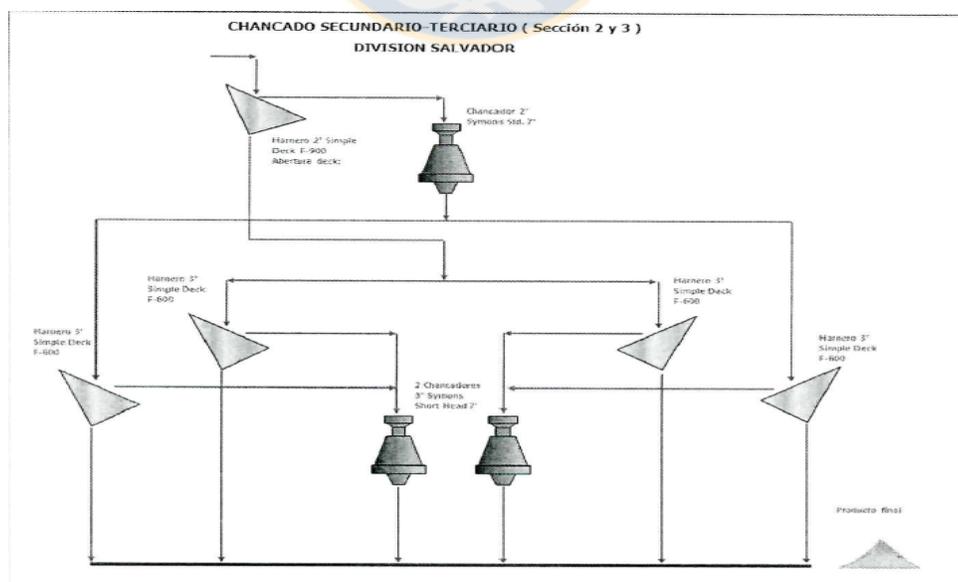


Figura 5. Proceso de Chancado Secundario-Terciario. Sección 2-3.

Para finalizar esta etapa, el producto final entregado por la sección uno, dos y tres, es depositado en una correa transportadora de 60" (Correa 30), medio por el cual es conducido a un acopio de finos que tiene una capacidad de 15.000 toneladas vivas y 15.000 toneladas muertas.

En este sentido, el proceso de Chancado tiene como objetivo reducir el material desde un tamaño de 19 pulgadas como máximo hasta lograr un producto para molienda equivalente a un 5% por sobre $\frac{1}{2}$ " aproximadamente.

2.2.2 Caracterización Proceso de Molienda y Clasificación.

Este proceso tiene como principal objetivo reducir el tamaño del mineral proveniente de la etapa de chancado y su producto debe ser adecuado para el proceso siguiente de flotación, reduciendo el material a un tamaño de 210 [μm] aproximadamente. En función de ello, el proceso de molienda húmeda se divide en cinco secciones. Las cuatro primeras secciones son idénticas en lo referente a equipos y funcionamiento. La quinta, de posterior instalación, cuenta con equipos de mayor capacidad. Las primeras cuatro secciones son iguales y están conformadas por un molino de barras y dos molinos de bolas, operando en circuito cerrado con una batería de tres hidrociclones inclinados de 26" de diámetro para cada sección.

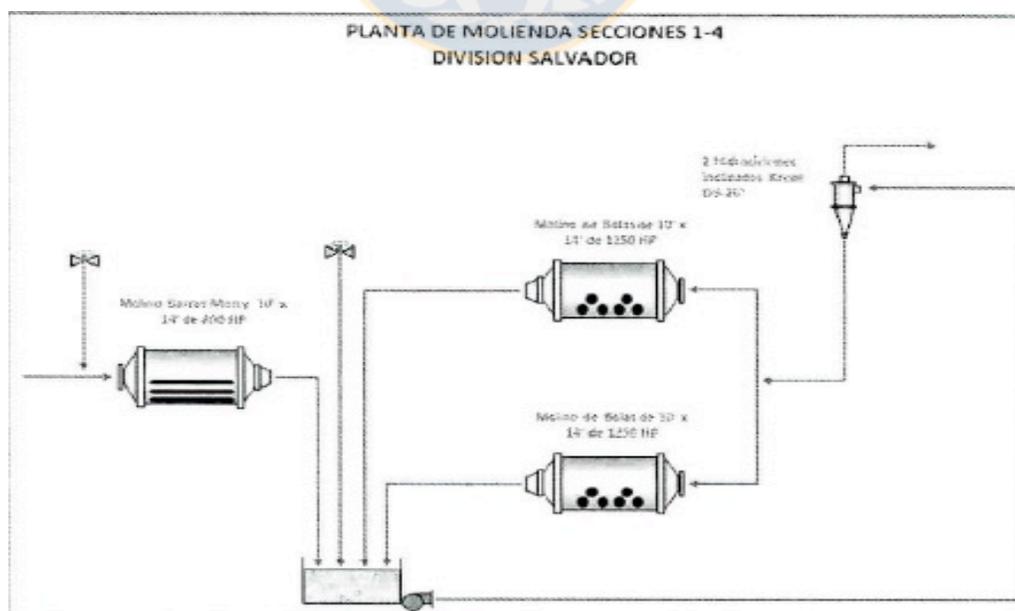


Figura 6. Proceso de Molienda. Sección 1- 4.

La quinta sección de molienda está constituida por un molino de barras y un molino de bolas que opera en un circuito cerrado con una batería de cuatro hidrociclones inclinados de 33" de diámetro.

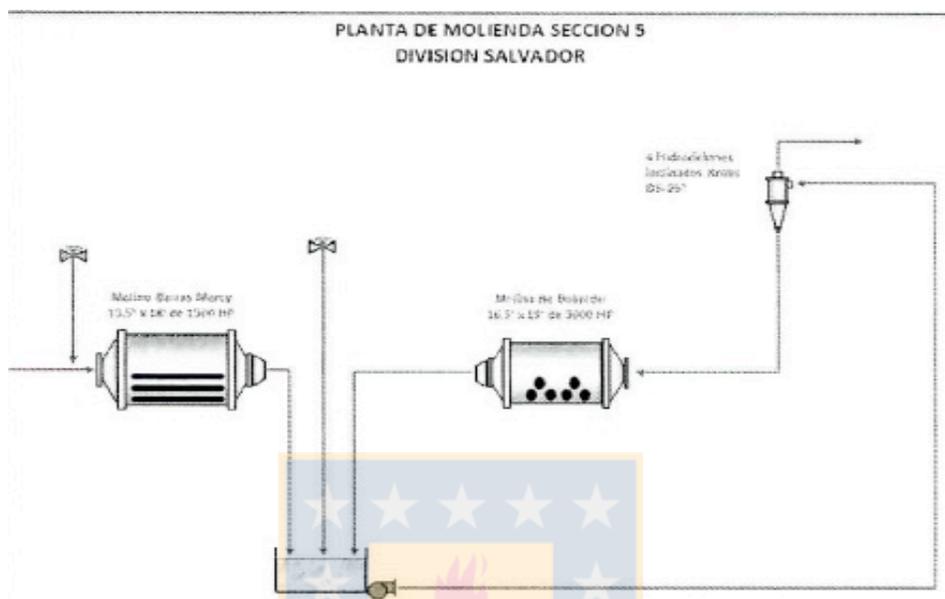


Figura 7. Proceso de Molienda. Sección 5.

Tabla 3. Descripción de Molinos de Barras y Molinos de Bolas.

Tipo de Molino	Primeras Cuatro Secciones			Quinta Sección		
	Marca	Medidas	Cargado	Marca	Medidas	Cargado
Molino de Barra	Marcy	10' x 14'	cargado con barras de 4.343 mm de largo y 3 ½" de diámetro	Marcy	13,5' x 18'	cargado con barras de 5.334 mm de largo y 3 ½" de diámetro
Molino de Bolas		10' x 14'	cargado con bolas de 2 ½"		16,5' x 19'	cargado con bolas de 2 ½"



Figura 8. Molinos de Barras.



Figura 9. Molinos de Bolas.

Al material que ingresa al molino de barras, se le agregan los reactivos necesarios para el proceso, en esta etapa, agua y cal, consiguiendo una reducción de tamaño que va desde $\frac{1}{2}$ " a bajo 2,5 [mm]. La descarga del molino de barras va a un cajón distribuidor que mediante una bomba avanza hasta los hidrociclones donde se produce la clasificación:

- El underflow que alimenta los molinos de bolas.
- El overflow del hidrociclón que entrega un producto final de tamaño 23%+65#Ty, siendo enviado al circuito de flotación cobre-molibdeno.

2.2.3 Caracterización del Proceso de Flotación.

Las partículas mineralizadas provenientes del proceso de molienda son recuperadas en la etapa de Flotación y Remolienda donde se encuentran los procesos de flotación rougher, limpieza y scavenger.

Etapas de Flotación Rougher.

El cajón Britania, cajón distribuidor de pulpa, recibe el producto de la molienda, desde donde se alimentan cinco líneas de flotación rougher constituidas cada una por nueve celdas Wemco de 1.500 pie³, obteniéndose dos productos en esta fase:

- El concentrado rougher con una ley media de cobre de 3,5% y una ley media de molibdeno de 0,18%, que va a un cajón distribuidor que alimenta el circuito de

remolienda que consta de cuatro molinos de repaso de 9' por 12' (cargado con bolas de 1¼") y 2 baterías de seis hidrociclones Krebs D-10, que opera en un circuito cerrado.

- El relave rougher que es enviado al espesador de relave, donde se somete a un proceso de recuperación de agua.

El underflow de los ciclones alimenta los molinos y el overflow alimenta al circuito de flotación columnar con una granulometría aproximada de 80% -325#Ty.

Etapas de Flotación Cleaner.

La flotación de limpieza, circuito cleaner o flotación columnar se efectúa en dos celdas columnares rectangulares de 13,4 [m] de altura y una sección rectangular de 2 por 6 [m] de base. El producto de la columna es el concentrado mixto Cu- Mo que alimenta la planta de molibdeno con leyes medias de 20% en cobre y 0,6% en molibdeno. Mientras que el relave de las columnas va a una celda de flotación Wenco de 300 [m³], conteniendo una ley media de cobre de 6% y una ley media de molibdeno de 0,7%.

Etapas de Flotación Scavenger.

La flotación scavenger es la última etapa del circuito y está constituida por dos líneas de 8 celdas Dorr Oliver de 1.550 pie³ cada una. Esta etapa es alimentada del relave de la celda de 300 [m³], obteniendo un concentrado que pasa a constituir una carga circulante que va al cajón multipropósito para volver al circuito de remolienda y el relave es transportado hasta el espesador de relave, para someterlo a proceso de recuperación de agua.

El proceso de Flotación es representado en la figura 10:

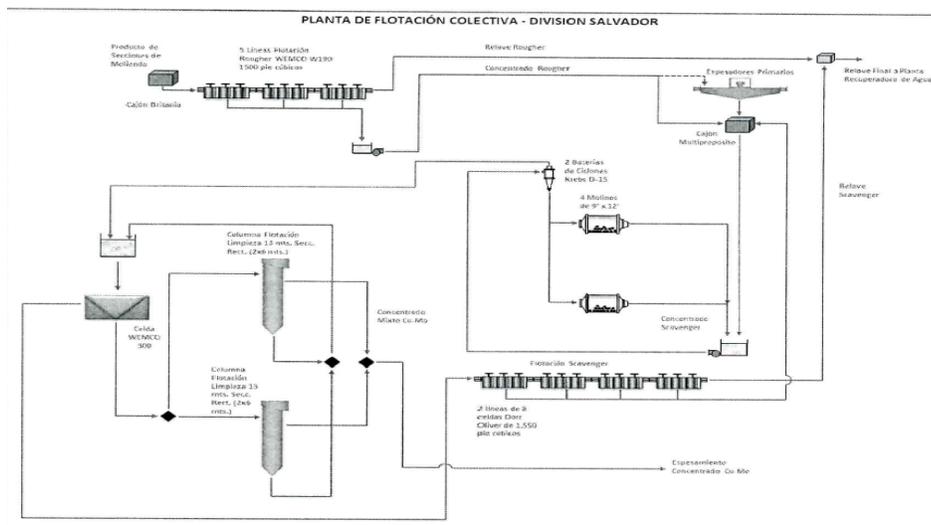


Figura 10. Proceso de Flotación.

2.2.4 Caracterización de la Planta de Tratamiento de Escoria y Relaves “Los Amarillos”.

La planta de tratamiento de relaves se ubica a 25 [km] de la Planta Concentradora y tiene como finalidad el tratamiento de la escoria producida durante el proceso de fundición y el procesamiento del relave final producido en la Planta Concentradora para obtener concentrado de cobre. La escoria se traslada por medio de camiones desde la fundición Potrerillos hasta la planta de tratamiento de escoria donde es apilada en cancha. Por medio de un cargador frontal la escoria es transportada hasta una tolva que distribuye el material de manera uniforme y continua sobre una correa transportadora alimentando al sistema de molienda.

El sistema de molienda consta de dos molinos de bolas marca Marcy de 8'x12' cargado con bolas de 2½". La descarga de ambos molinos cae a un pozo y por medio de bombas es impulsado a una batería de cuatro hidrociclones (marca Krebs de 10" de diámetro), los cuales producen la separación del material, de acuerdo al corte establecido. El underflow de la batería recircula hacia alimentación de molinos, mientras que el overflow va hacia el pozo alimentación columnar. Por otra parte, el relave final de la planta concentradora es transportado por gravedad hasta el sector de Los Amarillos, donde se da inicio al proceso de flotación por cascada.

2.2.5 Caracterización Proceso de Flotación por Cascada.

Este proceso se divide en dos tramos; el primer tramo cuenta con 21 cascadas que producen un concentrado primario y un relave. El concentrado primario es impulsado por bombas a la etapa de flotación rougher, que se compone de seis celdas Dorr - Oliver de 1.550 pie³, las cuales producen un concentrado que se deposita en el pozo alimentación columnar, y el relave de esta etapa, alimenta al segundo tramo de cascadas. El segundo tramo cuenta con 10 cascadas, generando un segundo concentrado primario que alimenta a las celdas mencionadas anteriormente, mientras que el relave pasa a ser el relave final, el cual es dirigido hasta el Tranque de Relaves Pampa Austral, ubicado en el interior de la localidad de Diego de Almagro.

Todo el material concentrado en el pozo de alimentación columnar es impulsado a la columna uno, el cual alimenta a la columna dos. El relave de la columna uno vuelve a la flotación rougher mientras que el relave de la columna dos, vuelve al pozo alimentación columnar. Finalmente, de la columna dos se obtiene el concentrado final que va a bateas de secado solar.

En la Figura 11 se presenta el diagrama general de la planta de tratamiento de escoria y relaves, "Los Amarillos".

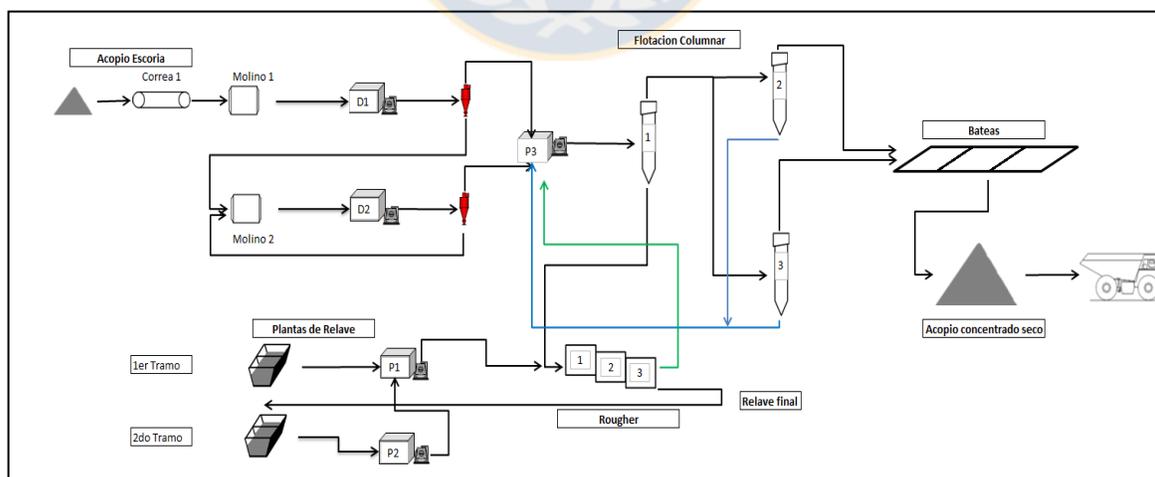


Figura 11. Diagrama General, Planta de Tratamiento de Escoria y Relaves "Los Amarillos".

2.2.6 Caracterización de la Planta de Filtros.

El concentrado de Cu producido en Planta Concentradora se almacena en un estanque agitador de 240 [m³] y pasa posteriormente a dos Filtros Cerámicos de 45 [m²] cada uno, obteniéndose un concentrado con 9% de humedad, el cual mediante una correa transportadora de 18" es conducido hasta un acopio.

2.2.7 Caracterización de la Planta Recuperadora de Aguas.

El proceso de recuperación de aguas consiste en procesar los relaves en tres espesadores. Para lograr la sedimentación controlada de los sólidos presentes en los relaves, se adiciona reactivo floculante. El agua recuperada de los espesadores se impulsa a través de cuatro bombas hacia tres estanques de almacenamiento de agua de 1.100 [m³] cada uno, recirculándose al proceso.



2.3 REACTIVOS DE FLOTACIÓN.

En relación con los antecedentes de la problemática, se ha comprobado que los reactivos de flotación son los elementos que más influyen en el proceso, tanto en la calidad de los productos, como su selectividad y recuperación. Se ha comprobado que efectos causados por deficiencias de molienda, calidad del agua, aireación y otras variables no han podido sobrepasar los efectos favorables o desfavorables producidos por los reactivos de flotación. Éstos juegan un rol vital en el proceso, ya que, al ser alimentados al circuito cumplen determinadas funciones específicas que hacen posible la separación de los minerales valiosos de la ganga.

2.3.1 Colectores.

De las innumerables experiencias en flotación se ha hecho evidente que la adsorción colectora en superficies minerales es una reacción química o es el resultado de la oxidación electroquímica del colector en las superficies de éstos. Por ello, el colector es un reactivo químico orgánico del tipo surfactante, que tiene la propiedad de adsorberse selectivamente en la superficie de un mineral y lo transforma en hidrofóbico [4]. La función del colector es hacer hidrofóbica la superficie del mineral deseado, por lo cual, es el reactivo químico más importante utilizado en la flotación.

La amplia experiencia existente en la flotación de minerales permite usar con eficiencia determinados tipos de colectores dependiendo de los tipos de minerales y las asociaciones mineralógicas presentes. Colectores empleados comúnmente para minerales sulfurados son químicamente reactivos en comparación con los empleados para minerales no sulfurados (óxidos, silicatos, etc.). Los más comunes son los tensoactivos aniónicos y su actividad en la superficie del mineral que conduce a la formación de la película hidrofóbica abarca interacciones químicas o electroquímicas.

Algunos de los colectores de minerales sulfurados se enumeran a continuación. En las fórmulas químicas "R" denota una cadena de hidrocarburos alifáticos, por lo general 2-5 átomos de carbono:

Xantatos

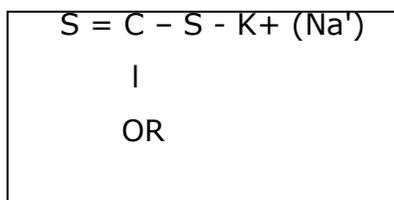


Figura 12. Estructura Xantatos.

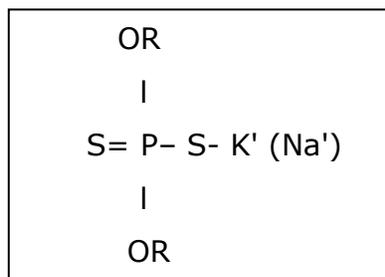
Ditiofosfatos
(known as Aero
floats in industry)

Figura 13. Estructura Ditiofosfatos.

Ditiocarbamatos

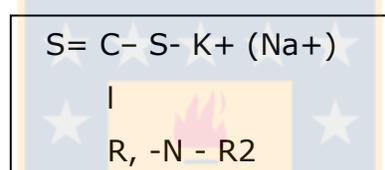


Figura 14. Estructura Ditiocarbamatos.

Dixantógenos

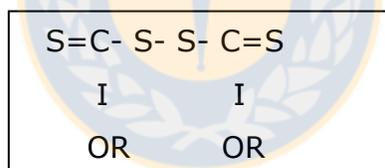


Figura 15. Estructura Dixantógenos.

Los dixantógenos son producidos por la oxidación del Xantato, como sigue:

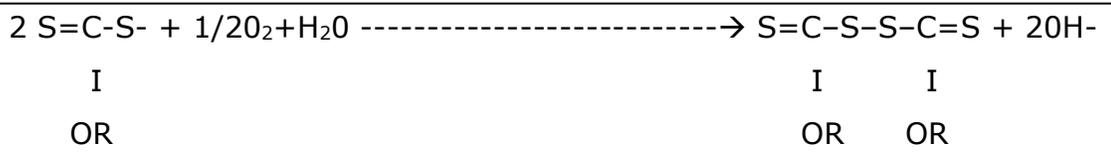


Figura 16. Estructura de dixantógenos producidos por oxidación del Xantato

Alkyl tionocarbamatos

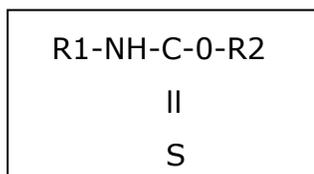


Figura 17. Estructura Alkyl Tionocarbamatos.

Alkyl thioether amines



Figura 18. Estructura Alkyl Thioether Amines.

2.3.2 Reactivos Específicos.

Dentro de las experiencias estudiadas y el uso de reactivos específicos para lograr un aumento porcentual en la recuperación global del proceso en el área de producción, se destacan dos experiencias realizadas con éxito en Alto Norte, Cerro Dominador y El Soldado, las cuales utilizaron en el mineral sulfurado Xantato en conjunto con Hostafлот, mientras que en la escoria se empleó Hostafлот con Flotanol.

Los reactivos Hostafлот.

Los reactivos Hostafлот, son efectivos con sulfuros metálicos que contienen: Metales comunes de cobre, molibdeno, zinc, plomo, níquel, cobalto y polimetálicos. También, metales del grupo del platino y los metales preciosos como el oro y plata.

- Hostafлот E-501: Ditiófosfato.
- Hostafлот E-980: Mezcla de Ditiófosfato y Tionocarbamatos formulados.
- Hostafлот E-930: Sulfuros Orgánicos.
- Hostafлот E-703: Tionocarbamato formulado.
- Hostafлот NP-107: Tionocarbamato formulado¹.

El Flotanol.

El Flotanol, se utiliza para la recuperación de una serie de minerales industriales como sales alcalinas potásicas, minerales de sílice, minerales de tierras, alcalinas de rodamientos, minerales de flotación directa o inversa de la calcita, minerales de flotación inversa o directa de fosfatos (fosforita o apatita) y minerales de óxido.

- Flotanol H-70: Mezcla de Glicoles y Alcoholes.

¹ El término **formulado(s)** tiene la siguiente definición: Mezclado o diluido con otros productos orgánicos para darle características especiales.

de tionocarbamatos y ditiolfosfatos es ideal para flotar minerales de cobre con calcopirita y calcosina. [4]

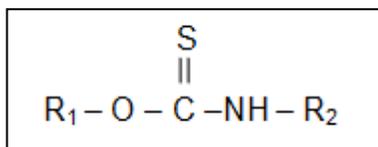


Figura 21. Estructura de Tionocarbamatos.

Los Xantoformiatos son compuestos sintéticos obtenidos a partir de Xantatos y ácido fórmico, corresponden a la esterificación del ácido fórmico. Estos tienen una particular resistencia a la hidrólisis ácida y son poco solubles en agua, por lo que deben emulsificarse previo a su empleo como colectores. [4]

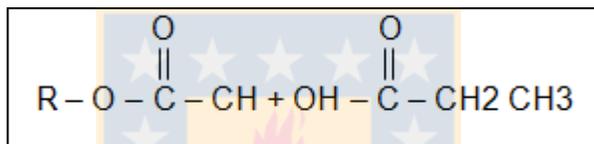


Figura 22. Cadena de Xantoformiatos.

2.4 Acondicionamiento.

Tal como su nombre lo indica, esta etapa consiste en acondicionar la pulpa destinada a flotación, es una etapa clave puesto que proporciona el tiempo necesario para que operen de forma eficiente los reactivos de flotación. Algunos colectores de cinética de adsorción lenta deben incorporarse directamente al molino de bolas en la etapa de molienda para tener mayor contacto con la mena, mientras que otros reactivos se incorporan directamente al cajón de descarga de los molinos de bolas o al estanque acondicionador de la pulpa. En las condiciones industriales el tiempo necesario para el acondicionamiento con reactivos puede variar desde una fracción de minutos hasta media hora. Generalmente, la adsorción de los reactivos depende de su composición, solubilidad, concentración y de la temperatura de la pulpa.

2.5 Variables de Operación.

Las principales variables de operación que afectan el proceso de flotación son las siguientes: Granulometría de la Mena, Dosificación de los Reactivos, Densidad de la

Pulpa, Aireación, Regulación del pH, Tiempo de Residencia, Calidad del Agua, todas las que serán especificadas en el proceso de Desarrollo Experimental.

2.6 Evaluación del Proceso de Flotación.

En los procesos de flotación es de gran importancia evaluar las operaciones, por ello, es necesario contar con los índices de evaluación del proceso de flotación y determinar la recuperación y eficiencia de la concentración, a través de la recuperación metalúrgica (R) y la recuperación en peso (RP), como así también la razón de concentración (K) y razón de enriquecimiento (RE).

En la evaluación del proceso, los índices más importantes son la recuperación y la ley de concentrado, en los cuales existe una relación de dependencia, generalmente un aumento de la ley de concentrado significa una menor recuperación.

2.6.1 Recuperación Metalúrgica (R).

Se define como el porcentaje de materia útil del mineral que es transferido, por las operaciones de concentración desde la alimentación del proceso al concentrado. Por tanto, es la razón entre la masa del material útil obtenido en el concentrado y la masa de material útil de la alimentación.

$$\%R = \frac{C * c}{F * h} * 100 \quad (4)$$

En términos de leyes se tiene:

$$\%R = \frac{c * (h - t)}{h * (c - t)} * 100\% \quad (5)$$

2.6.2 Recuperación en peso (RP).

Se define como el porcentaje de la razón del peso del concentrado y el peso de la alimentación, lo que equivale a la razón entre la masa del concentrado y la masa de la alimentación.

$$\%RP = \frac{C}{F} * 100 \quad (6)$$

2.6.3 Razón de concentración (K).

Es la razón entre la masa de alimentación y la masa de concentrado. Se refiere a las toneladas de mineral necesarias para obtener una tonelada de concentrado final. En este sentido, indica en forma indirecta la selectividad del proceso.

$$K = \frac{F}{C} \qquad K = \frac{c - t}{h - t} \qquad (7)$$

2.6.4 Razón de enriquecimiento (RE).

Es la razón entre la ley del componente deseado en el concentrado y la ley del mismo componente en la alimentación.

$$RE = \frac{c}{h} \qquad (8)$$

2.6.5 Recuperación Económica (REC).

Se entiende por concentración perfecta aquella en la cual se recupera el 100% del mineral deseado con una ley igual a la de la especie pura.

$$REC = \frac{\text{valor del producto por tonelada de mineral crudo}}{\text{Valor del mineral por concentración perfecta.}} \qquad (9)$$

2.7 Cinética de Flotación.

La cinética de flotación es el estudio de la variación en cantidad del producto que rebalsa en la espuma con el tiempo y la identificación cuantitativa de todas las variables que controlan la velocidad. Ecuación de velocidad de flotación, se refiere a la relación algebraica entre la proporción de minerales que flota y el tiempo de flotación, manteniendo constante todas las variables del proceso. Con ello, la cinética de flotación contempla determinar la forma de la ecuación de velocidad y los efectos cuantitativos de las variables principales del proceso sobre la constante cinética. El enfoque cinético aplicado al proceso de flotación requiere de una definición de variables dinámicas, especialmente respecto al tipo de flujo existente en la celda o banco de celdas. Además,

es necesario separar lo concerniente a pruebas de laboratorio (batch o semibatch) con la operación en continuo de un circuito industrial.

2.7.1 Flotación Batch.

En la flotación batch, se debe tener en cuenta que la pulpa contenida en la celda corresponde a una variedad de partículas de diferente forma, composición y tamaño, en una cierta cantidad de líquido, por la cual pasa aire para lograr la separación selectiva de las especies. La composición en la celda en un inicio (alimentación) será muy diferente a la del final de la flotación (relave), con un producto (concentrado) que habrá sido removido en el tiempo.

Para mantener el nivel de la pulpa en la celda, debe adicionarse permanentemente agua, lo que también produce un fuerte cambio en el porcentaje de sólidos durante la flotación y dilución de reactivos.



3. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

La memoria consiste primeramente en identificar los reactivos de flotación (colector y espumante) a ser evaluados. El mineral que servirá para este trabajo, se considerará determinando sus propiedades mineralógicas y químicas, las pruebas experimentales desarrolladas, condiciones de trabajo y resultados obtenidos. Luego, se representarán los resultados a través de gráficos y sus respectivos análisis, lo que ayudará a una mejor comprensión del tema y finalmente, los cálculos de eficiencia que nos permitirá afirmar correctamente cual o cuales reactivos de flotación son de menor, igual o mejor calidad que el reactivo usado como referencia, permitiendo con ello incrementar la recuperación metalúrgica en minerales y escorias de fundición.

3.1 Materiales y Equipos.

Para las pruebas de flotación se dispuso de un compuesto de mineral y de escoria.

Tabla 4. Compósito de mineral para pruebas de laboratorio.

Mina Subterránea	Composito Mineral	
	C. Antiguo	QM
65,5%	4,7%	29,8%

Cada material fue reducido de tamaño mediante un chancador de mandíbula que posee un setting de descarga de 100%-1/4" y luego mediante un chancador de cono que entrega un material 100%-6 [mm]. Posteriormente se llevó a cabo la molienda en un molino de bolas de 23,5 [cm] de largo y 20,5 [cm] de diámetro con un collar de bolas de 1" y 1 1/4", para dar paso a la etapa de flotación. En esta última etapa se empleó una celda marca Wemco de 3.300 rpm además de colectores para sulfuros de cobre como el Xantato 343, Aero Promoter 3730 y Aero Promoter 3758; una mezcla de espumantes conformada por Orepreg 133 y Aerofroth 65; y por último un modificador de pH (cal). Además, se incluyeron reactivos específicos para recuperar el óxido de cobre que trae asociado el sulfuro y la escoria.

Para llevar a cabo con éxito la investigación se requirió del uso de diversos materiales tales como: tamices, pH-metro, filtros de presión de aire comprimido, pulverizadores, balanzas, pisetas, probetas entre otros.

3.2 Reactivos Patrón y Reactivos a Evaluar.

Es importante conocer las propiedades físicas de los reactivos en caso de que se requiera efectuar un reconocimiento visual. A continuación, se presenta una tabla que describe las características más importantes de los reactivos específicos al momento de realizar un estudio.

Tabla 5. Propiedades Físicas de los Reactivos Específicos.

Propiedades Físicas	Reactivos Específicos			
	Hostafлот E-501	Hostafлот NP-107	Hostafлот E-980	Flotanol H-70
Color	Verdoso	Amarillo-Marrón Rojizo	Marrón Rojizo	Marrón Amarillento
Condición a la luz	Turbio	Transparente	Transparente	Transparente
Estado Físico	Fluido	Fluido	Fluido	Fluido
Punto de Cristalización	-11°C	-	-	-
Valor pH	10,6	7,0	12,1	7,0
Volumen, kg	5.000	1.000	1.000	1.000

Para poder iniciar las pruebas de flotación es conveniente establecer una prueba de referencia o patrón que sirva como medida e comparación, frente a las pruebas con los reactivos a evaluar. Esta prueba de referencia es conocida como prueba estándar definida a nivel de laboratorio y representa las condiciones de operación de la planta concentradora. La información entregada por esta prueba ayuda a controlar el rendimiento metalúrgico de cualquier reactivo u otra variable en estudio. Los reactivos utilizados en la Planta Concentradora, que han servido como patrón, se describen en la siguiente tabla con su respectiva dosificación entre los cuales, se encuentran los

modificadores de pH, colectores y espumantes utilizados para la flotación de minerales sulfurados.

Tabla 6. Reactivos Patrón².

Reactivo	Tipo	Dosis
Cal	Modificador de pH	2,4 kg/t
Petróleo	Colector para Mo	3,5 L/h
Xantato Aero 343	Colector para Cu	20 g/t
Aero Promoter 3730		12 g/t
Aero Promoter 3758		18 g/t
Aerofroth 65	Mezcla de Espumante	28 g/t
Oreprep 133	80:20 Glicol-Alcohol	

3.3 Variables Operacionales para Programas de Prueba a Escala de Laboratorio y a Escala Industrial.

El mineral que sirvió para realizar las pruebas metalúrgicas está constituido por propiedades físicas tanto del mineral, como de la escoria, que son necesarias de determinar, y que se muestran a continuación:

3.3.1 Gravedad Específica.

Se determinó la Gravedad Específica tanto del mineral como de la escoria, a través de múltiples ensayos realizados mediante el picnómetro. Este método permite medir la densidad de un fluido en referencia a la de un fluido de densidad conocida como por ejemplo, el agua. El valor de gravedad específica del mineral y la escoria, son presentados en la siguiente tabla.

² Valores promedios utilizados en la planta concentradora, correspondientes al año 2016.

Tabla 7. Gravedad Específica del Mineral y la Escoria.

Muestra	Gravedad Específica
Mineral	2,71
Escoria	3,92

3.3.2 Análisis Granulométrico.

En general se tiende a moler lo menos posible debido al alto costo de esta operación. Esto, sin embargo, está limitado por el tamaño de partícula y por el grado de liberación de la especie útil. El énfasis en su control afecta en la recuperación metalúrgica y en la selectividad del concentrado final, así como, por la alta incidencia que tiene en los costos de operación del proceso global de concentración.

Por ello, es importante conocer la distribución de tamaños que presentan los materiales antes de ingresar a la celda de flotación para identificar el grado de molienda y la liberación de las partículas. Por ello, se efectuó un análisis granulométrico con el producto de la descarga del molino (la muestra fue secada y cuarteada con el fin de obtener una muestra representativa) para conocer el grado de molienda y la distribución de tamaños del mineral y la escoria, los que son presentados en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis Granulométrico del Mineral y la Escoria.

Muestra	Análisis Granulométrico
Mineral	23% sobre 212 [um] (70#Ty)
Escoria	100% bajo 100 [um] (140#Ty).

3.3.3 Tiempo de Molienda.

Se debe conocer el comportamiento del material bajo condiciones óptimas de flotación, como por ejemplo el grado de molienda que nos permita maximizar la recuperación y ley de concentrado. El método estándar de laboratorio utilizado para la

determinación del tiempo de molienda requerido consiste en moler los materiales a 3 tiempos distintos previamente establecidos por un software, para luego determinar el peso retenido en los tamices de referencia utilizados en Planta, como son 70#Ty (212 [um]) para el mineral y de 140#Ty (106 [um]) para el caso de la escoria. Posterior a esto, se debe determinar la ecuación que relaciona el tiempo con el peso retenido en cada malla y así calcular el tiempo requerido para diferentes niveles de molienda del material. En el caso del mineral se desea obtener un P₈₀ a flotación de 212 [um] y en la escoria todo el material debe estar entre 50 y 80 [um].

En la tabla 9, se especifica el grado de molienda alcanzado con el tiempo óptimo de molienda señalado, el cual, fue realizado bajo múltiples ensayos experimentales para alcanzar el mismo grado de molienda utilizado en la Planta Concentradora.

Tabla 9. Tiempo Óptimo de Molienda.

Material	Tiempo de Molienda (min)	Grado de Molienda
Mineral	14,47	23% +70# Ty
Escoria	120,00	100% -140# Ty

3.3.4 Densidad de la Pulpa de Reactivos Específicos.

La densidad de la pulpa o porcentaje de sólidos en la flotación de minerales viene determinada desde la etapa de molienda - clasificación. Es difícil que la pulpa se ajuste en su porcentaje de sólidos antes de entrar a la etapa de flotación, sin embargo, es un factor importante, ya que la flotación de los minerales ocurre en forma eficiente cuando la pulpa presenta un valor adecuado de porcentaje de sólidos.

La densidad de pulpa afecta el tiempo de residencia del mineral en las etapas de flotación, y de esta forma en la capacidad del circuito. En general, la etapa de flotación rougher de las plantas concentradoras de cobre, operan con un porcentaje de sólidos comprendidos entre el 30% y 45% mientras que las etapas de limpieza (cleaner y recleaner) se trabaja con un porcentaje de sólidos menor [6].

Realizados por el método de la probeta, este dato es utilizado para calcular la dosificación de reactivos en la Planta Concentradora. En la tabla 10 se identifican los valores de densidad de cada uno de los reactivos.

Tabla 10. Densidad de Reactivos Estándar.

Nombre	Tipo	Densidad (g/mL)
Xantato 343	343	0,0032
Aerofroth 65 - Oreprep 133	Mezcla 80/20	0,96
Aero Promoter	3758	0,95
Aero Promoter	3730	1,19

Con el objetivo de verificar la veracidad de los datos entregados por el proveedor, se recalcularon estos datos, los cuales, fueron utilizados para calcular la dosificación de reactivos en la Planta Concentradora.

Tabla 11. Densidad de Reactivos Específicos.

Nombre	Tipo	Densidad (g/mL)
Hostaflot	E-501	1,102
Hostaflot	E-980	0,981
Hostaflot	E-703	0,961
Hostaflot	E-930	1,182
Hostaflot	NP-107	1,011
Flotanol	H-70	0,967

3.3.5 Aireación.

La aireación de la pulpa en la celda es una variable importante que normalmente se puede controlar, lo cual, permite aumentar o disminuir el flujo de aire en cada prueba de flotación, acelerando o retardando con ello la flotación en beneficio de la recuperación metalúrgica o de la ley de elemento útil [6].

3.3.6 Regulación del pH.

El pH es la variable de control más utilizada en el proceso de flotación, ya que resulta fundamental en la recuperación y selectividad, así como en la depresión de minerales [6]. El proceso de flotación es sumamente sensible al pH, especialmente cuando se trata de una flotación selectiva. La regulación del pH en la flotación de cobre opera con pulpa alcalina y su función principal es modificar el pH, depresando pirita existente en el circuito, tanto en la flotación rougher y cleaner. La escoria tiene un pH natural bajo por lo que, los consumos de cal pueden ser significativos.

3.3.7 Calidad del Agua.

Dada la gran cantidad de interacciones que se producen entre las variables del proceso, las cuales acondicionan el ambiente fisicoquímico de la flotación, un aspecto interesante de analizar es la calidad del agua que se utiliza en el proceso. [6]

En la mayoría de las plantas la disponibilidad de agua es un problema serio [2], por ello, es común en las plantas concentradoras, que parte del agua utilizada sea agua industrial o agua de recirculación proveniente de los espesadores que contienen cantidades residuales de reactivos. Esta utilización de agua de proceso provoca un ahorro en el consumo de agua y en el consumo de espumante, pero se puede producir un aumento de algunos iones en solución cuyo efecto en la flotación de los minerales debe ser evaluado, a fin de evitar que estos superen los niveles críticos para la flotación.

3.3.8 Tiempo requerido para la prueba a Nivel Industrial.

Para la evaluación a escala industrial se debió establecer el tiempo de duración y la cantidad de reactivos necesarios para llevar a cabo la prueba. Para aquello se definió el tratamiento por hora para la Planta Concentradora y se especificó la dosis de colectores y espumantes a utilizar. Por la variabilidad de los parámetros de operaciones, se requiere (tanto para el mineral, como para la escoria) de acuerdo a los protocolos de la Superintendencia de Ingeniería de Procesos, un mínimo de 28 días efectivos de prueba, con reactivo y sin reactivo, alternativamente.

3.3.9 Dosificación.

La dosis de los reactivos es una variable fundamental debido a la factibilidad técnica de la aplicación del proceso, al igual que cualquier otra técnica de concentración, esta depende del balance económico. El punto de adición del colector "Hostafлот E-501" fue en el cajón Britania y su dosificación se realizó de manera automática. Mediante fórmula se especificó la cantidad de dosis necesaria a utilizar. Este valor y su calibración es fundamental para el control y consumo del reactivo, del cual, depende el éxito de la evaluación, lo que se expresa en la tabla 12.

$$\text{DOSIFICACION} = \frac{\text{K} * \text{CALIBRACION} * \text{DENSIDAD}}{\text{TONELAJE} * \text{XR}} \quad (10)$$

Tabla 12. Parámetros de Dosificación. Sala de Control. Planta Concentradora.

Parámetros de Dosificación	
K	3.600 segundos
Calibración	Cantidad Volumétrica (mL) por golpe.
Densidad	1,102 (g/mL).
Tonelaje	1.460 toneladas por hora
XR	Tiempo de espera (segundos) entre un golpe y otro.

Para el caso de la escoria, el punto de adición seleccionado fue el overflow de la batería de ciclones de la sección cinco de molienda, ya que, tanto los colectores "Hostafлот E-980" y "Hostafлот NP-107" junto con el espumante "Flotanol H-70", son de cinética rápida. La dosificación de cada reactivo se efectuó de manera automática.

En resumen, para la preparación de las muestras se obtuvo un compósito con material de una semana para el mineral y de aproximadamente dos semanas para la escoria, los cuales, fueron reducidos de tamaño por el canchador de mandíbula y luego por el chancador de cono hasta obtener el material con una granulometría de 100%-8#Ty. Posteriormente fue homogeneizado para ser cuarteado y así preparar muestras que permitan determinar el tiempo de molienda y posteriormente, realizar las pruebas de flotación, con los parámetros establecidos. Las pruebas de molienda se realizaron con un porcentaje de sólido de un 62% y a diferentes tiempos; mientras que la flotación

se realizó de manera batch con un tiempo total de flotación de 11 minutos, con 1 minuto de acondicionamiento y un porcentaje de sólido en la celda de 36%. Todas las pruebas y ensayos fueron realizados según el procedimiento establecido en el laboratorio metalúrgico de División Salvador para pruebas de flotación estándar. Al finalizar con las diferentes pruebas se obtuvieron muestras representativas de concentrado y relave, las cuales fueron pulverizadas e identificadas, para luego, ser enviadas al laboratorio químico para su posterior análisis químico.



3.4 Programa de Pruebas a Escala de Laboratorio.

Para el Mineral que alimenta al circuito de Molienda y Flotación de la Planta Concentradora, se plantearon las siguientes alternativas:

3.4.1 Primera Opción de Pruebas

Reemplazar Xantato 343 por un nuevo reactivo del cual se presentan tres opciones, Hostafлот E-501, Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107, alternativas que se expresan en la tabla 13.

Tabla 13. Primera Opción de Programa de Pruebas.

Prueba	Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E-501 (g/t)	Hostafлот E-980 (g/t)	Hostafлот NP-107 (g/t)
STD	20	-	-	-
2	-	20	-	-
3	-	-	20	-
4	-	-	-	20

3.4.2 Segunda Opción de Pruebas

Se utiliza Hostafлот E-501 para disminuir dosis de Xantato 343, de acuerdo a la tabla 14. Además se agrega una última alternativa en la cual se adiciona de manera suplementaria Hostafлот E-501 a la mezcla de colectores estándar.

Tabla 14. Segunda Opción de Programa de Pruebas.

Prueba	Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E- 501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Espumante (g/t)
STD	20	-	18	12	28
2	15	5	18	12	28
3	10	10	18	12	28
4	5	15	18	12	28
5	-	20	18	12	28
6	20	15	18	12	28

3.4.3 Tercera Opción de Pruebas.

Debido a que se requiere procesar Escoria por un circuito independiente dentro de la Planta Concentradora, se realizaron pruebas con dos colectores específicos "Hostafлот E-501", "Hostafлот NP-107" y "Hostafлот E-980", y un espumante "Flotanol H-70", reemplazando toda la mezcla de reactivos. Además, se añadió una prueba adicional, modificando el Ph de la prueba estándar.

Tabla 15. Propuesta de prueba para Escoria.

Prueba	Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E-501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Espumante STD (g/t)	Espumante Flotanol H-70 (g/t)	Hostafлот E-980 (g/t)	Hostafлот NP-107 (g/t)	pH
STD	20	-	18	12	28	-	-	-	10,5
STD2	20	-	18	12	28	-	-	-	7
Alternativa 1	-	50				40	50	-	7
Alternativa 2	-	-				40	50	50	7

Cabe destacar que, los colectores Hostafлот se añadieron en la etapa de molienda mientras que el espumante Flotanol H-70 se agregó en el acondicionamiento de la pulpa de flotación. Es importante destacar que para poder prever la tendencia de los resultados en las pruebas de laboratorio y comparar los datos obtenidos en cada una de ellas con la prueba estándar, se tuvo que llevar a cabo cada alternativa propuesta en duplicado.

3.5 Programa de Pruebas a Nivel Industrial.

3.5.1 Primera Prueba. Hostafлот E-501 en reemplazo de Xantato 343.

Para poder evaluar el efecto del reactivo en planta se utilizó un Sistema de Operación que contempla ciclos con la nueva formulación de reactivo "C/R" y con prueba estándar "S/R". La prueba se inició con el ciclo "S/R" para evitar posibles problemas operacionales y así mantener un control más restringido según los siguientes

parámetros y calendario. En la tabla 16 se presenta el programa de prueba para evaluar al reactivo Hostafлот E-501 en el área de flotación.

Tabla 16. Sistema de Operación Con y Sin Reactivo.

Días	Inicio	Fin
S/R	01	14
C/R	15	28
S/R	29	42
C/R	43	56
S/R	57	70

Ciclo con Prueba estándar S/R.

Programa para los días en que NO se adicionará Hostafлот E-501 pero la dosis de Espumante se mantendrá fija en 28 g/t, para una dosificación total de colectores de 49 g/t, tal como lo indica la tabla 17, para esta modalidad.

Tabla 17. Sistema de Operación S/R

Días	Reactivos	Dosis (g/t)
S/R	Aero Promoter 3730	12
	Xantato 343	20
	Aero Promoter 3758	18

Ciclo con nueva formulación C/R

Programa para los días en que se adicionará Hostafлот E-501. En este caso, se mantiene la dosis total de colector y la del espumante, pero se incorpora el reactivo Hostafлот E-501 como fracción del Xantato 343, reduciendo este último, tal como lo muestra la tabla 18 para la modalidad Con Reactivo.

Tabla 18. Sistema de Operación C/R

Días	Reactivo	Dosis (g/t)
C/R	Aero Promoter 3730	12
	Xantato 343	0
	Hostafлот E-501	20
	Aero Promoter 3758	18

3.5.2 Segunda Prueba. Hostafлот E-501 como colector adicional a la dosis STD.

Para poder evaluar el efecto del Hostafлот E-501, en condiciones distintas de operación, se repiten los tiempos utilizados en la primera prueba, a través de un sistema de ciclos consecutivos, dosificando el reactivo por 14 días continuos. La prueba se inició con un ciclo con prueba estándar S/R para evaluar directamente el efecto sobre la recuperación metalúrgica global del sistema. En la tabla 19 se observa el programa de prueba para evaluar al reactivo Hostafлот E-501 en el área de flotación.

Tabla 19. Sistema de Operación con nueva formulación C/R y con prueba estándar S/R.

Días	Inicio	Fin
S/R	01	14
C/R	15	28
S/R	29	42
C/R	43	56
S/R	57	70

Ciclo con Prueba estándar S/R.

La tabla 20 anuncia el programa de prueba para los días en que NO se adicionará Hostafлот E-501. La dosis de espumante fue de 28 g/t, para una dosificación total de colectores de 54 g/t.

Tabla 20. Sistema de Operación S/R

Días	Reactivos	Dosis (g/t)
S/R	Aero Promoter 3730	12
	Xantato 343	20
	Aero Promoter 3758	18

Ciclo con nueva formulación C/R

La tabla 21 presenta el programa de prueba para los días en que se adicionará Hostafлот E-501. Aquí, se mantiene la dosis de espumante en 28 g/t pero la dosis total de colectores aumentará de 54 a 70 g/t, debido a la incorporación de Hostafлот E-501 que se dosificará de manera adicional a lo ya establecido.

Tabla 21. Sistema de Operación C/R

Días	Reactivo	Dosis (g/t)
C/R	Aero Promoter 3730	12
	Xantato 343	20
	Hostafлот E-501	15
	Aero Promoter 3758	18

3.5.3 Tercera Prueba. Procesamiento de Escoria en Planta Concentradora

Debido a que Planta Concentradora requiere procesar Escoria de Fundición para aumentar su producción de Cu fino (ley Cu en la escoria es cuatro veces la del mineral), se realizará prueba industrial en base a pruebas de laboratorio, en condiciones distintas de operación, a través de un sistema de ciclos consecutivos.

En la tabla 22 se observa el programa de prueba para evaluar la nueva mezcla de reactivos.

Tabla 22. Sistema de Operación Con nueva formulación C/R y con prueba estándar S/R.

Días	Inicio	Fin
S/R	01	14
C/R	15	28
S/R	29	42
C/R	43	56
S/R	57	70
C/R	71	84
S/R	85	98
C/R	99	112

Cabe señalar que para procesar escoria de forma independiente al mineral, se eligió la sección 5 de molienda y la línea 5 Rougher, en donde el concentrado proveniente de esta, se envía como concentrado final hacia espesador de Cu, para luego ser filtrado, debido a la alta ley de Cu obtenida en pruebas de laboratorio.

Ciclo con Prueba estándar S/R.

La tabla 23 presenta la dosificación de reactivos, los cuales corresponden a la mezcla estándar que se utiliza para el procesamiento de mineral. La dosis de espumante corresponde a 28 g/t, para una dosificación total de colectores de 52 g/t.

Tabla 23. Sistema de Operación S/R.

Días	Reactivos	Dosis (g/t)
S/R	Aero Promoter 3730	12
	Xantato 343	22
	Aero Promoter 3758	18
	Espumante AF-65/Oreprep X-133	28

Ciclo con nueva formulación C/R

La tabla 24 presenta la dosificación de reactivos, la cual corresponde a la nueva mezcla propuesta que se utiliza para el procesamiento de escoria. La dosis de espumante corresponde a 40 g/t, para una dosificación total de colectores de 100 g/t.

Tabla 24. Sistema de Operación C/R

Días	Reactivo	Dosis (g/t)
C/R	Hostaflot NP-107	50
	Hostaflot E-980	50
	Espumante Flotanol H-70	40

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1 Pruebas de Flotación a Escala de Laboratorio.

4.1.1 Primer Set de Pruebas.

En una primera instancia se realizaron pruebas con tres colectores específicos "Hostafлот E-501", "Hostafлот E-980" y NP-107 en reemplazo de colector primario Xantato 343.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica.

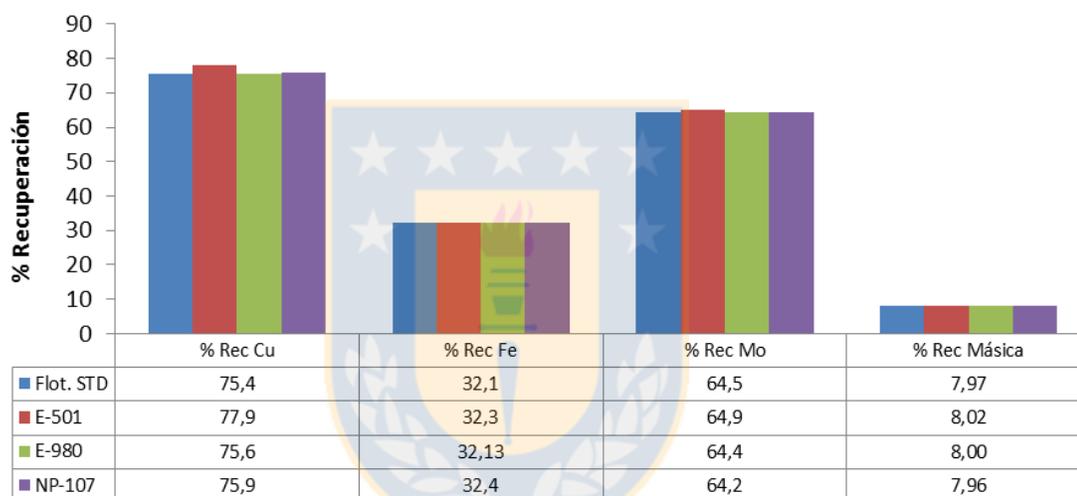


Gráfico 1. Gráfica comparativa de recuperaciones por elemento obtenidas entre la flotación estándar y las pruebas de flotación realizadas con el reactivo Hostafлот E-501, Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107.

De la gráfica 1 se evidencia que el colector Hostafлот E-501 obtuvo una mejor recuperación metalúrgica que los restantes colectores probados (Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107).

Además, aumenta el potencial de recuperación con respecto a la flotación estándar de laboratorio, aumentando en 2,5 puntos porcentuales la recuperación de Cu, a recuperaciones másicas similares.

Si bien este reactivo también aumenta en 0,5% la recuperación de Mo respecto a la flotación estándar de laboratorio no representa un aumento estadísticamente significativo.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu Sulfurado.

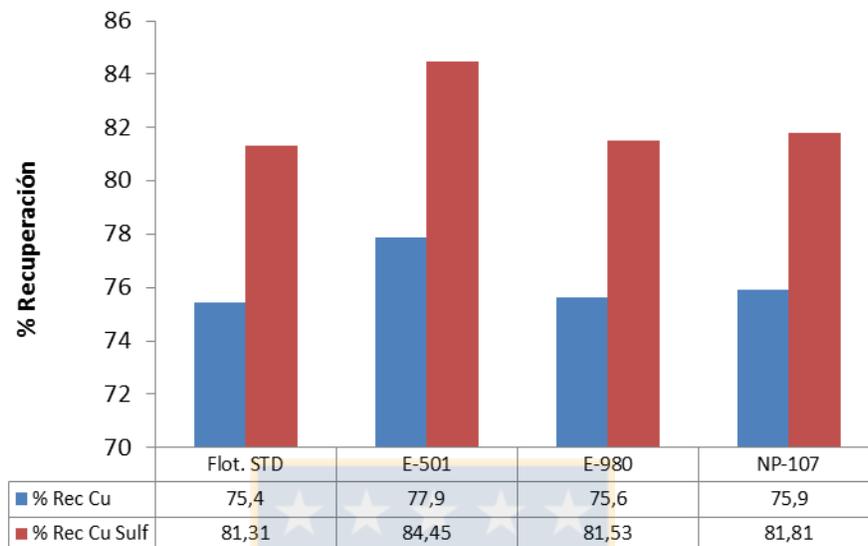


Gráfico 2. Gráfica comparativa de recuperaciones de Cu y recuperación de Cu Sulfurado obtenidas entre la flotación estándar y las pruebas de flotación realizadas con el reactivo Hostafлот E-501, Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107.

De la gráfica 2 se evidencia que el colector Hostafлот E-501 obtuvo una mejor recuperación por Cu Sulfurado que los restantes colectores probados (Hostafлот E-980 y Hostafлот NP-107), aumentando en 3,1 puntos porcentuales la recuperación de Cu Sulfurado en comparación con la flotación estándar de laboratorio.

A partir de lo anterior, se infiere que el colector Hostafлот E-501 tiene efecto sobre las partículas sulfuradas no recuperadas por los reactivos estándar.

Aporte Cu Oxidado y Cu Sulfurado a Recuperación Total.

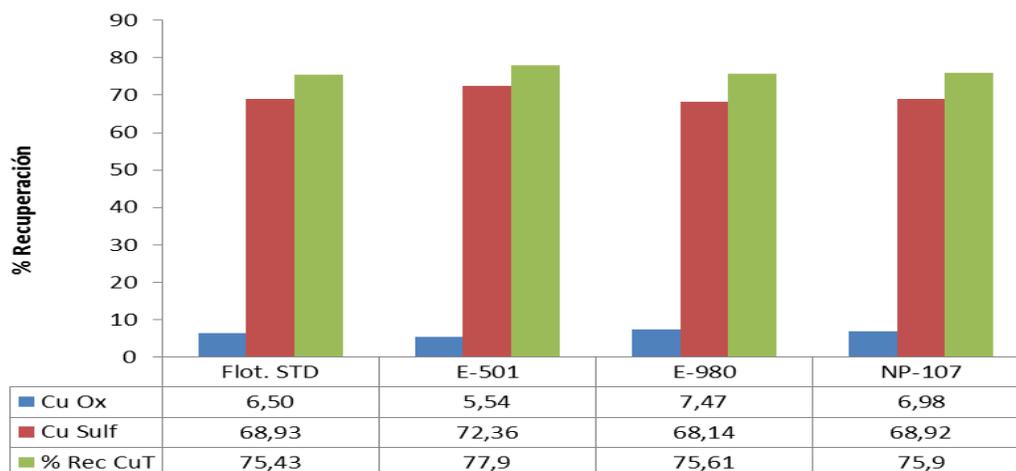


Gráfico 3. Gráfica que representa el Aporte de Cu Oxidado y Cu sulfurado a la recuperación total.

Analizando estos resultados, se decide avanzar al siguiente set de pruebas con el colector que obtuvo el mejor desempeño metalúrgico.

4.1.2 Segundo Set de Pruebas.

De acuerdo con el primer set de pruebas se decide realizar un segundo set con el colector elegido, modificando la dosis de Hostafлот E-501 en conjunto con la dosis de Xantato 343.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica



Gráfico 4. Gráfica comparativa de recuperaciones por elemento obtenidas entre la flotación estándar y variación de dosis de Hostafлот E-501 y Xantato 343.

De la gráfica 4 se evidencia que se logra un aumento en recuperación de Cu, a medida que se va aumentando la dosis de Hostafлот E-501 y disminuyendo la dosis de Xantato 343.

Además, manteniendo la dosis de Xantato 343 del estándar y agregando 15 gpt del reactivo a prueba, se logra un aumento considerable en la recuperación de Cu (1,8%).

Con respecto al Molibdeno no se aprecia un aumento significativo en la recuperación de este elemento.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu y Másicas.

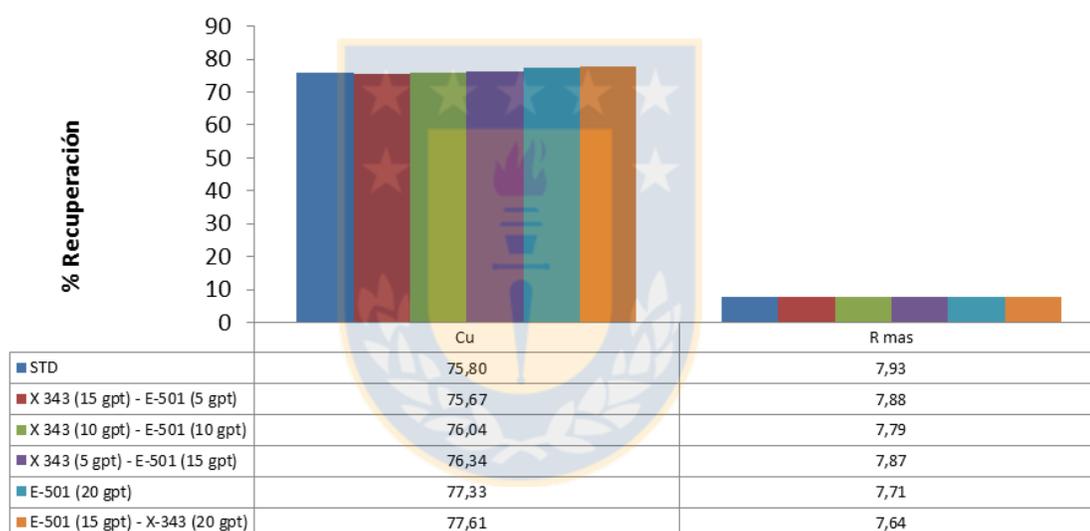


Gráfico 5. Gráfica comparativa de recuperaciones Cu y másicas obtenidas entre la flotación estándar y variación de dosis de Hostafлот E-501 y Xantato 343.

De la gráfica 5 se evidencia que se logra un aumento en recuperación de Cu, a medida que se va aumentando la dosis de Hostafлот E-501 y disminuyendo la dosis de Xantato 343, a similares recuperaciones másicas.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu Sulfurado.

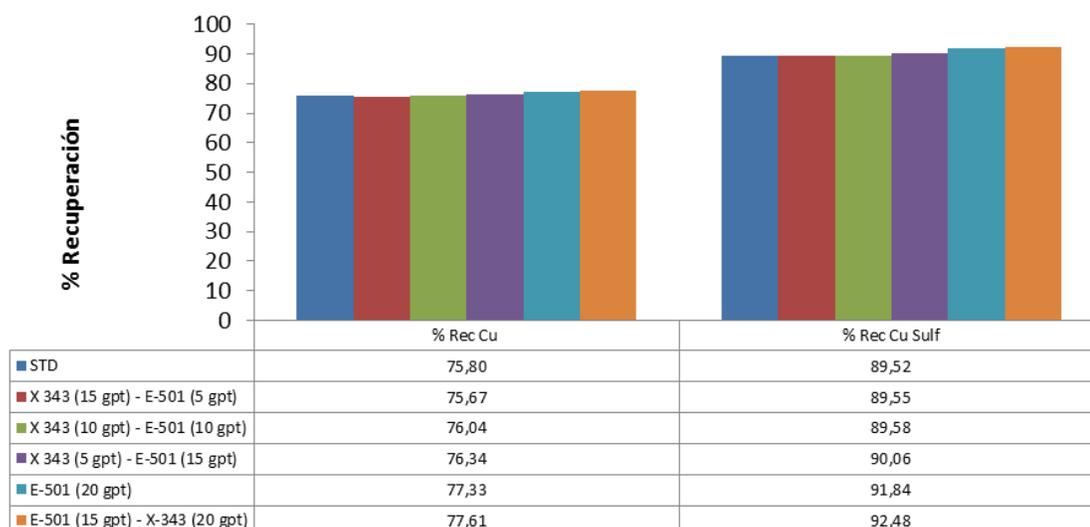


Gráfico 6. Gráfica comparativa entre cada una de las flotaciones realizadas con diferentes mezclas de colectores.

De la gráfica 6 se evidencia que el colector Hostafлот E-501 obtuvo una mejor recuperación por Cu Sulfurado a medida que se va aumentando la dosis, siendo la prueba donde se respeta la dosis de Xantato 343 del estándar y se adiciona 15 gpt del colector a prueba, la que logra un mayor aumento, logrando 3 puntos porcentuales más que la flotación estándar de laboratorio.

A partir de lo anterior, se puede deducir que el colector Hostafлот E-501 tiene efecto muy positivo sobre las partículas sulfuradas no recuperadas por los reactivos estándar.

De este segundo set se recomienda realizar una prueba a escala industrial con las dos últimas pruebas, las cuales tuvieron los mejores resultados.

4.1.3 Tercer Set de Pruebas.

Debido a que se requiere procesar Escoria por un circuito independiente dentro de la Planta Concentradora, se realizaron pruebas con dos colectores específicos "Hostafлот E-501", "Hostafлот NP-107" y "Hostafлот E-980", y un espumante "Flotanol H-70", reemplazando toda la mezcla de reactivos. Además, se añadió una prueba adicional, modificando el pH de la prueba estándar.

Tabla 25. Recuperaciones por Cu, Fe, Mo y másica.

Prueba	pH	Dosis	Cu	Fe	Mo	R Mas
STD	10,5	Xantato 343 (20 gpt) Aero 3758 (18 gpt) Aero 3730 (12 gpt) AF65-Oreprep133 (28 gpt)	72,0	11,6	12,2	13,9
STD 2	7	Xantato 343 (20 gpt) Aero 3758 (18 gpt) Aero 3730 (12 gpt) AF65-Oreprep133 (28 gpt)	72,2	12,2	11,4	14,6
Alternativa 1	7	Hostafлот E-501 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Flotanol H-70 (40 gpt)	73,8	14,9	15,9	14,5
Alternativa 2	7	Hostafлот NP-107 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Flotanol H-70 (40 gpt)	76,0	14,3	16,7	14,1

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperación Metalúrgica

En la figura 7 se observan las recuperaciones por elementos obtenidas con la flotación base y las realizadas con las alternativas propuestas. En base a esto, la alternativa 2 supera a su semejante en la recuperación de Cu y Mo en casi un punto respectivamente.

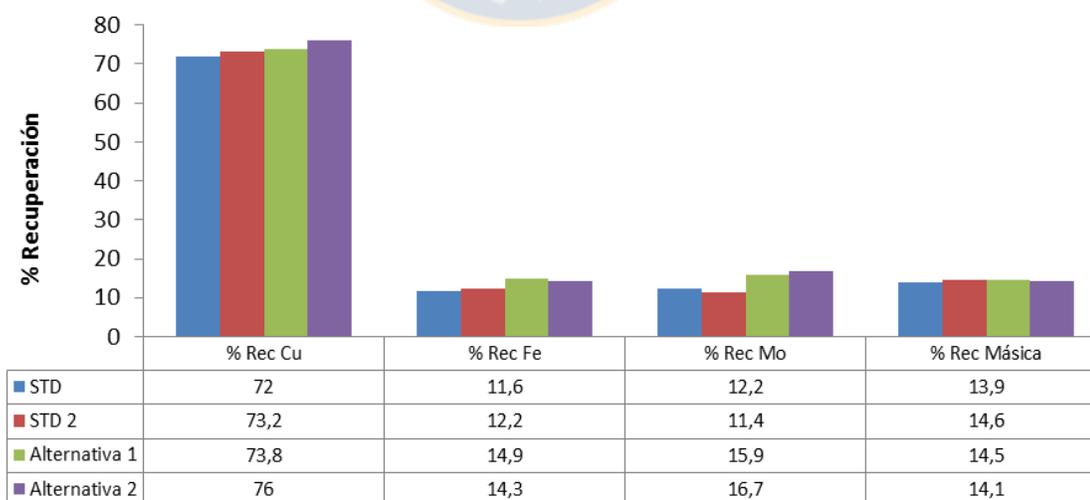


Gráfico 7. Gráfica comparativa de las recuperaciones obtenidas entre la flotación base y las alternativas de flotación realizadas con reactivos Hostafлот.

De acuerdo con la gráfica se observa que la alternativa 2 tiene la mayor recuperación de cobre alcanzando un 75,99% versus el 73,8% de la alternativa 1, a recuperaciones másicas equivalentes. La recuperación de Molibdeno obtiene una baja metalúrgica debido al alto Mo oxidado que existe en la muestra de escoria obtenida.

Efecto de Nueva Mezcla de Reactivos en Recuperaciones de Cu y Recuperaciones de Cu Sulfurado.

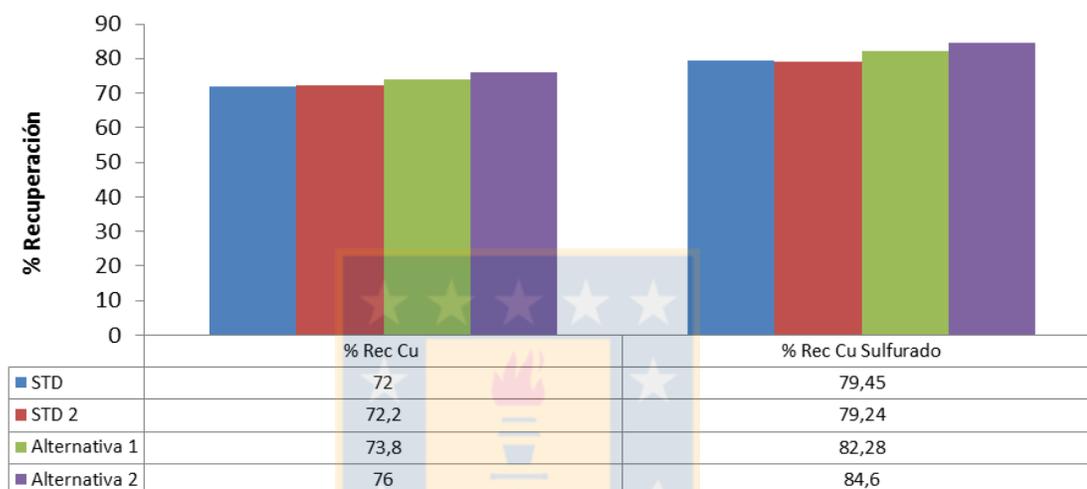


Gráfico 8. Gráfica comparativa del porcentaje de recuperación de cobre total y recuperación de Cu Sulfurado.

De la gráfica 8 se evidencia que la mezcla de colectores correspondiente a la Alternativa 2 obtuvo una mejor recuperación por Cu Sulfurado que la alternativa 1 atacando de forma más efectiva las especies sulfuradas no recuperadas en la flotación estándar, logrando 5 puntos porcentuales más.

Debido a los resultados obtenidos se recomienda probar en Planta Concentradora la alternativa 2.

4.2 Pruebas de Flotación a Escala Industrial.

A partir de los resultados anteriores, se procedió al desarrollo de las pruebas de flotación a escala industrial durante los meses de junio – Julio 2017. Estas pruebas se realizaron con el reactivo Hostaflot E-501 en el circuito de flotación de la Planta Concentradora.

4.2.1 Primer Set de Pruebas.

De acuerdo con los resultados de laboratorio, se decidió realizar una prueba industrial, reemplazando el colector principal Xantato 343 por el reactivo a prueba Hostafлот E-501. Una vez concluida ésta, se procede a realizar un análisis considerando los siguientes puntos: tonelaje procesado, mezcla de mineral alimentada, dosificación de colectores y espumantes, efecto de la granulometría, ley de alimentación entre otras variables operacionales.

En la tabla 26, se indican algunos parámetros del mineral alimentado a Planta durante el mes de junio de 2017 bajo el programa de ciclos realizados Con Reactivo a prueba (C/R) y Sin Reactivo a prueba (S/R).

Tabla 26. Mineral Alimentado Con y Sin Reactivo.

Período	Semana	% Mezcla Mineral			Ley CuT (%)	Tratamiento (t)	Razón CuS/CuT (%)
		Mina Subterránea	C. Antiguo	QM			
S/R	01 al 14	64,3%	6,1%	29,6%	0,555	402.556	16,36
	29 al 42	63,2%	7,4%	29,4%	0,544	406.756	15,38
	57 al 70	64,7%	0%	35,3%	0,558	391.048	17,21
C/R	15 al 28	63,6%	0%	36,4%	0,560	399.756	17,42
	43 al 56	62,3%	0%	37,7%	0,551	404.096	17,54

Al analizar el mineral alimentado durante las cinco semanas de prueba (C/R y S/R), se desprende lo siguiente:

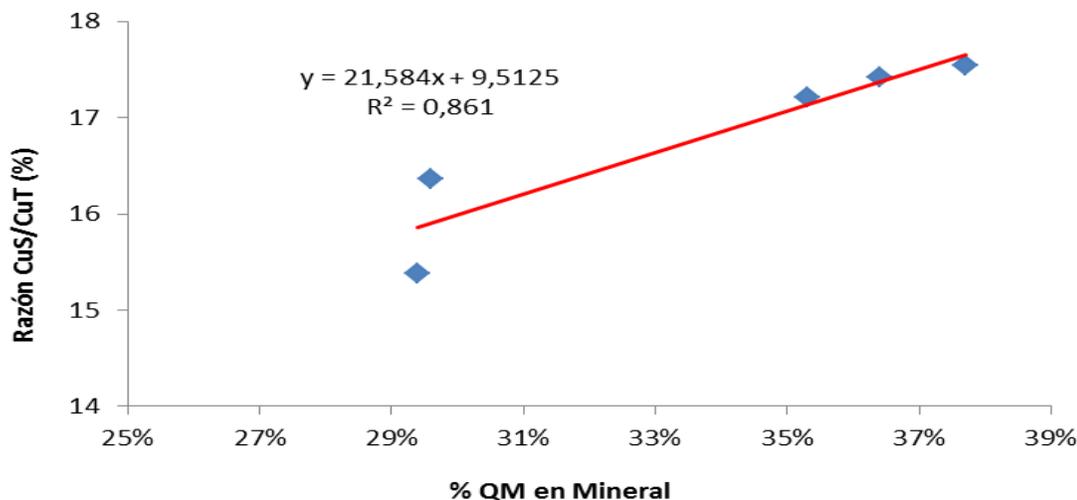


Gráfico 9. Gráfica comparativa del % QM en mezcla de mineral y la razón CuS/CuT

A partir de la gráfica 9, se evidencia que:

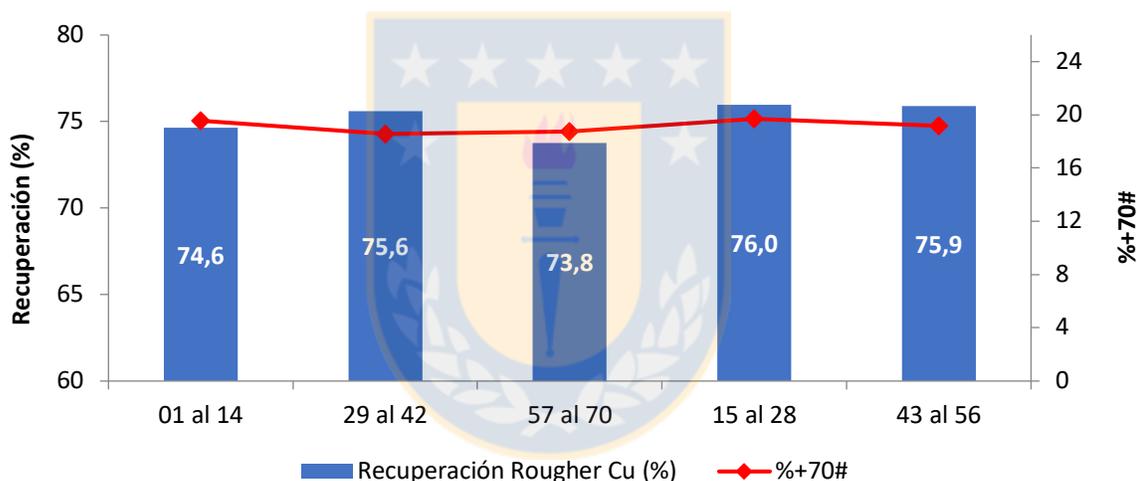
- A medida que se ingresa mayor cantidad del mineral del Rajo QM en mezcla de mineral, la razón CuS/CuT aumenta, disminuyendo las especies sulfuradas a ser recuperadas en el circuito de flotación.
- El nivel de procesamiento durante las pruebas con y sin reactivos fueron similares alcanzando 28,5 ktpd promedio. Por otra parte, la ley de alimentación de Cu alcanza en el período S/R un 0,552% promedio, mientras que en el período C/R promedia un valor de 0,555%, valores equivalentes que permiten realizar una comparación entre los dos períodos.
- El aporte de mineral del rajo Campamento Antiguo en el primer período fue de 4,5% del total alimentado, mientras que rajo QM aportó un 31,3% promedio en la misma etapa. A diferencia del primero, en el segundo período no entra mineral de CA, fracción que suplió mineral de QM, provocando un aumento de razón CuS/CuT en la segunda etapa, lo que se expresa en la tabla 27.
- En dicha tabla, se indican algunos parámetros del mineral alimentado a Planta, bajo el programa de ciclos realizados Con Reactivo a prueba (C/R) y Sin Reactivo a prueba (S/R).

Tabla 27. Resultados Set de Primera Prueba a Escala Industrial.

Período	Semana	Ley CuT (%)	Razón CuS/CuT (%)	%+70#	Recuperación Rougher Cu (%)	Recuperación Cu Sulfurado (%)	Recuperación Másica (%)	Ley Concentrado Cu (%)	Razón Enriquecimiento	Recuperación Rougher Mo (%)
S/R	01 al 14	0,555	16,36	19,55	74,63	89,41	10,45	3,96	7,14	67,14
	29 al 42	0,544	15,38	18,57	75,61	89,63	10,21	4,03	7,41	66,80
	57 al 70	0,558	17,21	18,75	73,76	88,71	9,85	4,18	7,49	66,47
C/R	15 al 28	0,560	17,42	19,70	75,97	90,41	10,51	4,05	7,23	66,49
	43 al 56	0,551	17,54	19,18	75,88	90,18	10,27	4,07	7,39	67,10

Con la finalidad, de precisar las diferencias entre ambos períodos considerados, se presentan los resultados obtenidos en esta primera etapa.

Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher.

**Gráfico 10.** Gráfica del Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher.

En el período de prueba (sin y con reactivo) la granulometría de alimentación a flotación no varía de forma significativa, obteniendo en el período S/R un 19,1%+70#, mientras en el período C/R se logra un 19,4%+70#, por lo cual se puede inferir que este parámetro no es incidente en la recuperación que se logra en el circuito Rougher de Planta Concentradora.

Efecto de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher.

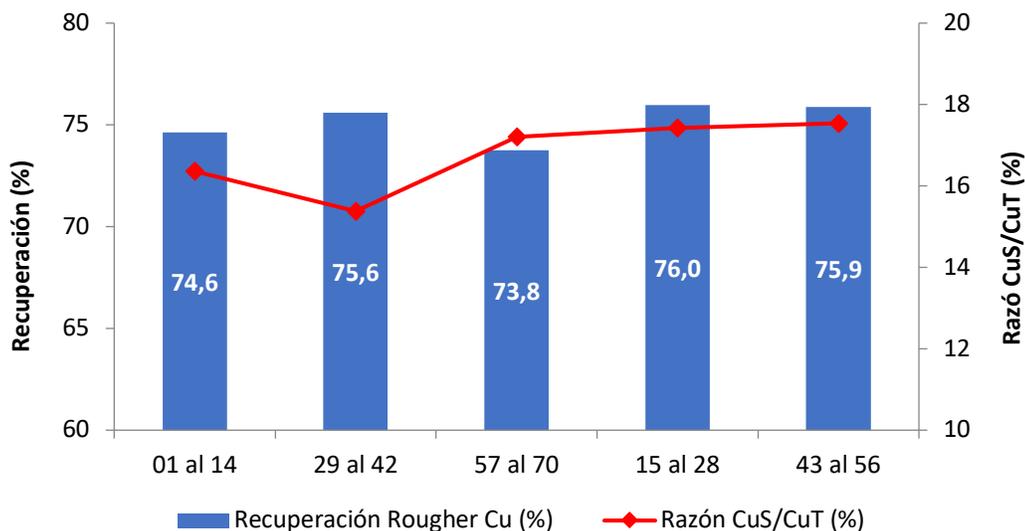


Gráfico 11. Gráfica de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher.

A partir del gráfico 11, se evidencia que en el período S/R a medida que la razón CuS/CuT aumenta, la recuperación rougher disminuye. Si bien en el segundo período se aprecia un aumento de la razón CuS/CuT, debido al no ingreso de CA y al mayor aporte de QM, la recuperación Rougher no se ve afectada, por lo cual se puede inferir que la adición de reactivo tiene un efecto positivo en la recuperación Rougher de Cu.

Recuperación Cu Sulfurado Rougher.

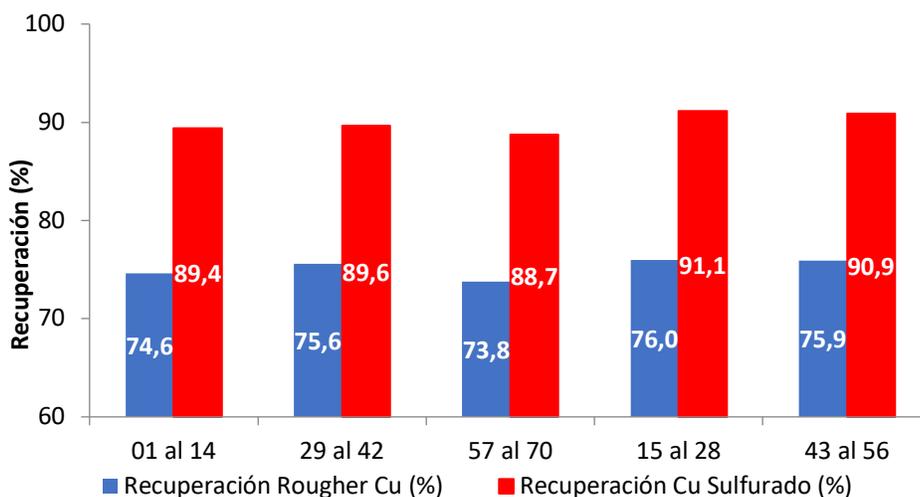


Gráfico 12. Gráfica de Recuperación de Cu Sulfurado Rougher.

De la gráfica 12 se evidencia que la mezcla de colectores correspondiente al período donde se utiliza el reactivo a prueba (Hostaflot E-501), obtuvo una mejor recuperación de Cu Sulfurado atacando de forma más efectiva las especies sulfuradas no recuperadas en el período donde se utiliza el reactivo estándar (Xantato 343).

A partir de ello, se alcanza 1,8 puntos porcentuales más (89,2% v/s 91,0%), por lo cual se infiere que el reactivo a prueba provoca un aumento en la recuperación de Cu, debido a mayor recuperación de Cu sulfurado y no al mejor desempeño en partículas oxidadas, lo que permite reafirmar los planteamientos propios de los antecedentes teóricos presentados.

Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

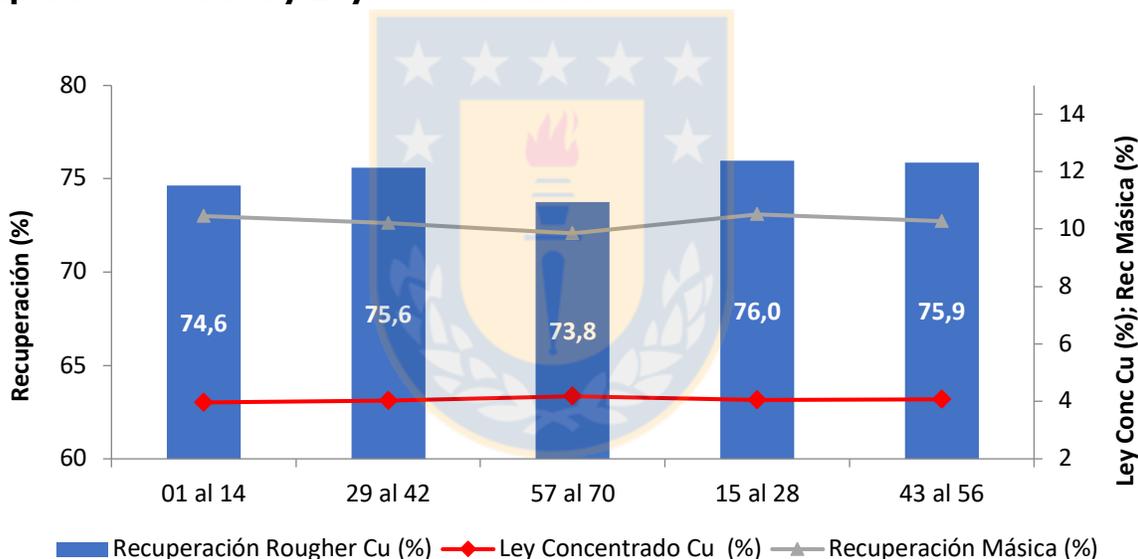


Gráfico 13. Gráfica de Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

De acuerdo con la gráfica 13 se observa que el período con el reactivo a prueba tiene una mayor recuperación de cobre alcanzando un 75,9% v/s el 74,6% correspondiente al período sin reactivo, a recuperaciones másicas equivalentes (10,4% vs 10,2%).

Recuperación Molibdeno Rougher.

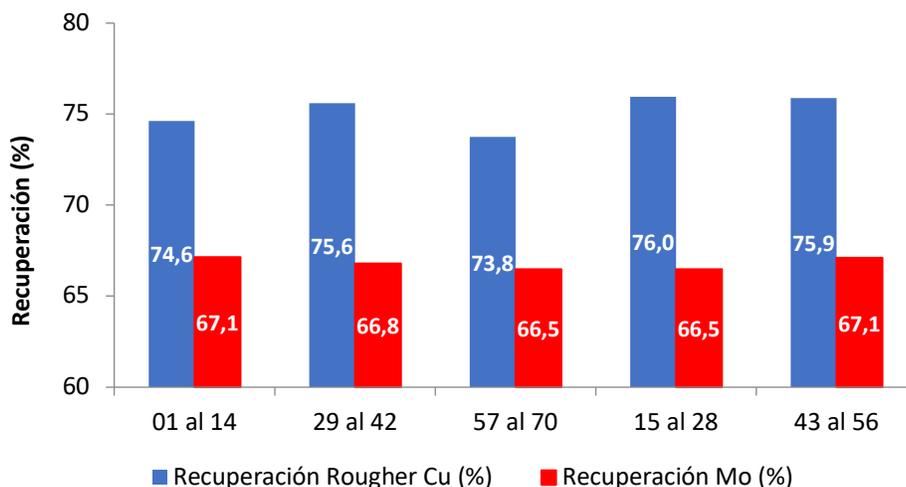


Gráfico 14. Gráfica de Recuperación Molibdeno Rougher.

En el período de prueba (sin y con reactivo) la recuperación de Mo a f en circuito Rougher no varía de forma significativa, obteniendo en el período S/R un 66,7% mientras en el período C/R se logra un 66,8%, por lo cual se puede inferir que el reactivo a prueba no incide de forma significativa en la recuperación de Molibdeno.

4.2.2 Segundo Set de Pruebas.

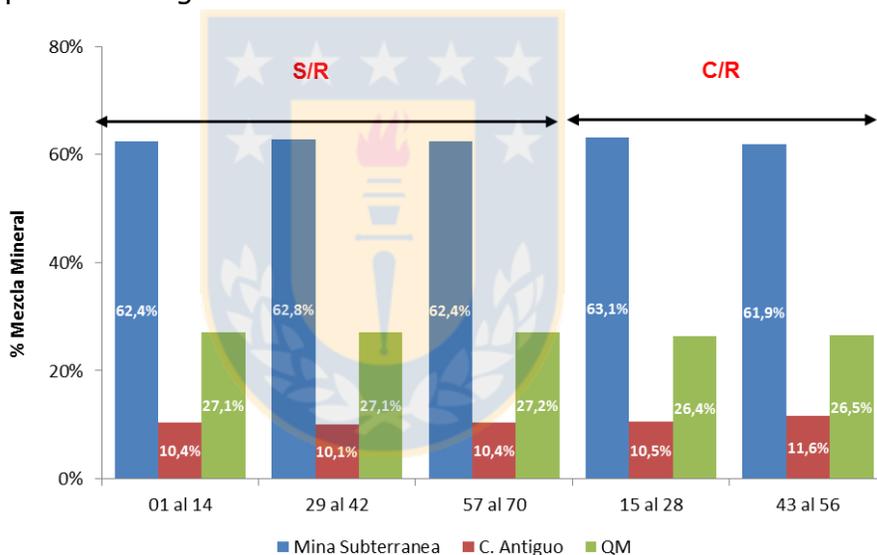
De acuerdo con los resultados de laboratorio, se decidió realizar una prueba industrial, que consistió en adicionar reactivo a prueba Hostafлот E-501 a la mezcla actual de colectores. Una vez concluida ésta, se procede a realizar un análisis considerando los siguientes puntos: tonelaje procesado, mezcla de mineral alimentada, dosificación de colectores y espumantes, efecto de la granulometría, ley de alimentación, entre otras variables operacionales.

En la tabla 28, se indican algunos parámetros del mineral alimentado a Planta durante el mes de septiembre de 2017 bajo el programa de ciclos realizados Con Reactivo a prueba (C/R) y Sin Reactivo a prueba (S/R).

Tabla 28. Mineral Alimentado Con y Sin Reactivo.

Período	Semana	% Mezcla Mineral			Ley CuT (%)	Tratamiento (t)	Razón CuS/CuT (%)
		Mina Subterránea	C. Antigo	QM			
S/R	01 al 14	62,4%	10,44%	27,1%	0,573	412.356	11,29
	29 al 42	62,8%	10,10%	27,1%	0,567	408.156	12,41
	57 al 70	62,4%	10,44%	27,2%	0,574	421.568	11,81
C/R	15 al 28	63,1%	10,53%	26,4%	0,568	414.568	11,65
	43 al 56	61,9%	11,57%	26,5%	0,573	418.096	10,8

Al analizar el mineral alimentado durante las cinco semanas de prueba (Con y sin reactivo), se desprende lo siguiente:

**Gráfico 15.** Gráfica Mineral Alimentado C/R y S/R

A partir de la gráfica 15, se evidencia que:

- En esta segunda prueba ingresa una mayor cantidad de Campamento Antigo que en la primera prueba industrial, alcanzando un 10,5% en la mezcla de mineral alimentado, disminuyendo la cantidad de QM ingresada a Planta Concentradora, lo que a priori debería favorecer la recuperación de Cu.

- Los porcentajes de mezcla permanecen estables en todo el período de prueba (70 días) alcanzando un 62,5% de Mina Subterránea, un 10,5% de C. Antiguo y un 27% de QM.
- El nivel de procesamiento durante la prueba con el reactivo fue de 29,7 [ktpd], mientras que el período sin la adición del reactivo a prueba fue de 29,6%, valores equivalentes que permiten deducir que el tiempo de residencia no es influyente en la recuperación de Cu obtenida en esta segunda prueba.
- La ley de alimentación de Cu alcanza en el período S/R un 0,571% promedio, mientras que en el período C/R promedia un valor de 0,570%, valores equivalentes que permiten realizar una comparación entre los dos períodos.
- La razón CuS/CuT en esta segunda etapa disminuye considerablemente con respecto a la primera prueba industrial, debido principalmente al aumento de Campamento Antiguo en la mezcla de mineral alimentada, en desmedro de QM. Durante esta segunda prueba la razón CuS/CuT alimentada en el período donde se adiciona el reactivo alcanza un valor de 11,2%, mientras que en el período con la mezcla de colectores original se obtiene un 11,8%.
- En la tabla 29, se indican algunos parámetros del mineral alimentado a Planta bajo el programa de ciclos realizados Con Reactivo a prueba (C/R) y Sin Reactivo a prueba (S/R), considerando los dos períodos.

Tabla 29. Resultados Set Segunda Prueba a Escala Industrial.

Período	Semana	Ley CuT (%)	Razón CuS/CuT (%)	%+70#	Recuperación Rougher Cu (%)	Recuperación Cu Sulfurado (%)	Recuperación Máfica (%)	Ley Concentrado Cu (%)	Razón Enriquecimiento	Recuperación Rougher Mo (%)
S/R	01 al 14	0,573	11,29	18,76	77,43	91,321	10,78	4,116	7,183	66,22
	29 al 42	0,567	12,41	18,91	76,72	90,846	11,02	3,947	6,962	66,52
	57 al 70	0,574	11,81	19,09	76,34	91,11	10,91	4,016	6,997	67,24
C/R	15 al 28	0,568	11,65	19,84	77,81	92,24	11,07	3,991	7,027	66,89
	43 al 56	0,573	10,8	19,15	78,23	92,37	10,97	4,086	7,131	66,45

Con la finalidad, de precisar las diferencias entre ambos períodos considerados, se presentan los resultados obtenidos en esta primera etapa.

Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher.

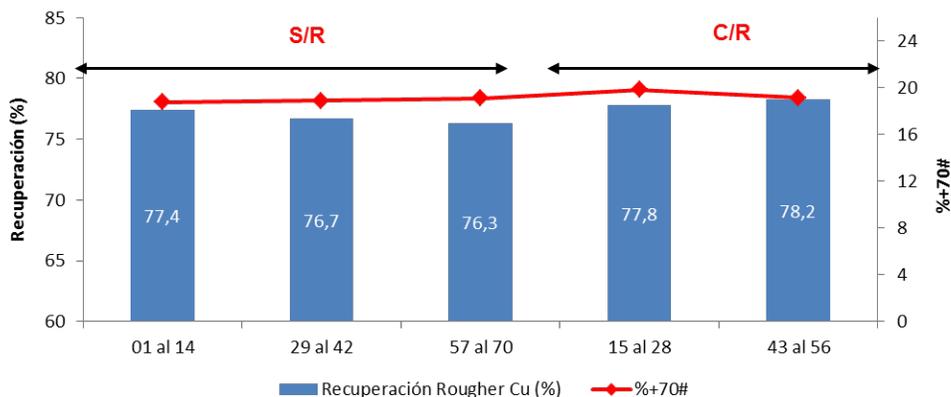


Gráfico 16. Gráfica del Efecto de la Granulometría en Recuperación Rougher.

En el período de prueba (sin y con reactivo) la granulometría de alimentación a flotación no varía de forma significativa, obteniendo en el período S/R un 18,6%+70#, mientras en el período C/R se logra un 19,5%+70#, por lo cual se puede inferir que este parámetro no es incidente en la recuperación que se logra en el circuito Rougher de Planta Concentradora.

Efecto de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher.

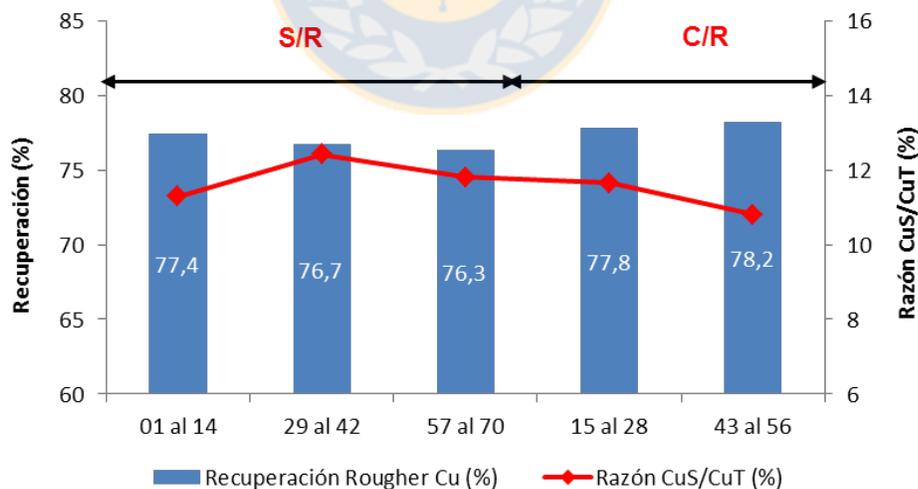


Gráfico 17. Gráfica de la Razón CuS/CuT en Recuperación Rougher.

De acuerdo a la gráfica se evidencia que en el período C/R a medida que la razón CuS/CuT disminuye, la recuperación rougher de Cu aumenta, por lo cual se puede inferir que el aumento de recuperación en este segundo período se debe a una disminución de

partículas de Cu oxidado en la alimentación, producto de un aumento en la mezcla de mineral alimentado de material proveniente de Campamento Antiguo, y no necesariamente por la adición del reactivo a prueba.

Recuperación Cu Sulfurado Rougher.

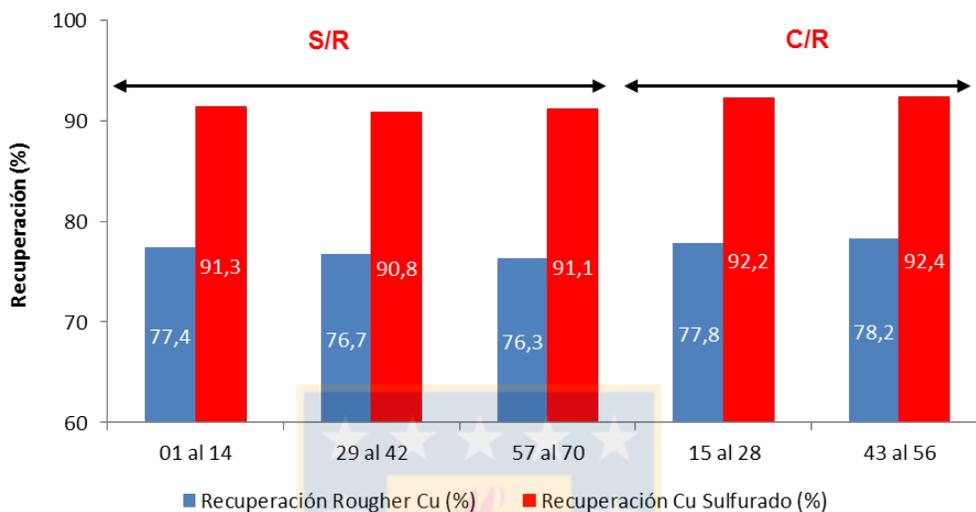


Gráfico 18. Gráfica de Recuperación de Cu Sulfurado Rougher.

De la gráfica 18 se evidencia que la mezcla de colectores correspondiente al período donde se utiliza el reactivo a prueba (Hostafлот E-501), obtuvo una mejor recuperación de Cu Sulfurado (92,3% vs 91%), sin embargo, este aumento coincide con el aumento de la proporción de Campamento Antiguo en la mezcla de mineral alimentada (11% vs 10,3%) y baja razón CuS/CuT (11,2% vs 11,8%) por lo cual no se puede concluir que el reactivo a prueba influyó positivamente en la recuperación de Cu Sulfurado.

Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

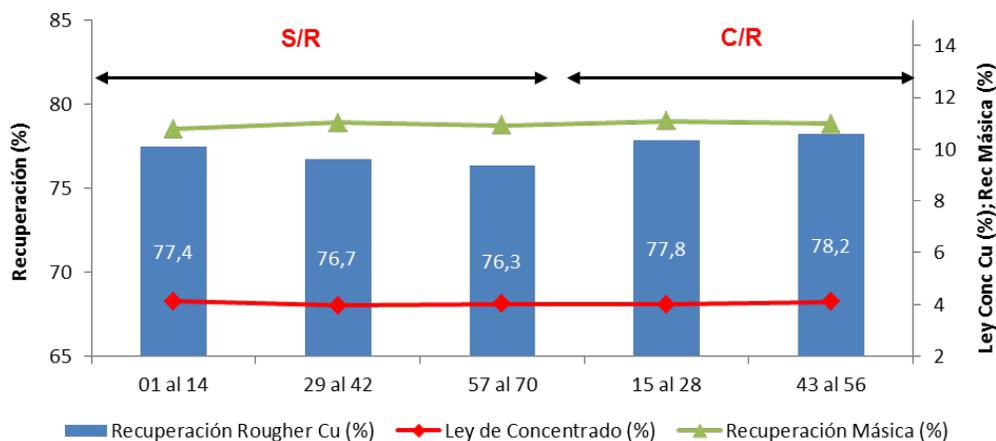


Gráfico 19. Gráfica de Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

De acuerdo a la gráfica 19 se observa que el período con el reactivo a prueba tiene una mayor recuperación de cobre alcanzando un 78,0% v/s el 76,8% correspondiente al período sin reactivo, a recuperaciones másicas equivalentes (11% vs 10,9%).

Recuperación Molibdeno Rougher.

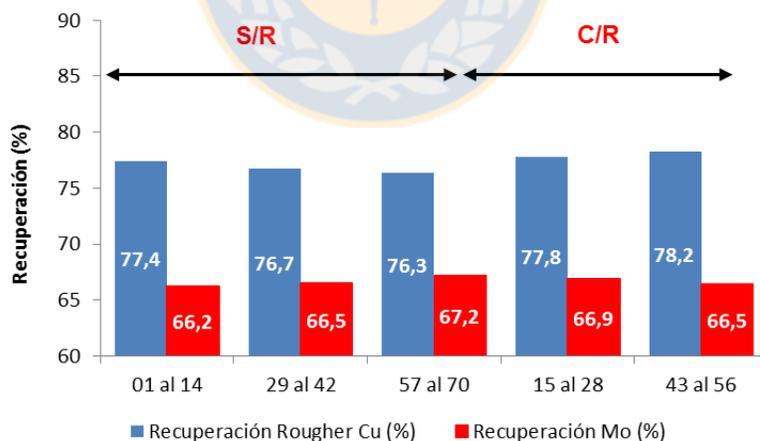


Gráfico 20. Gráfica de Recuperación Molibdeno Rougher.

En el período de prueba (sin y con reactivo) la recuperación de Mo en circuito Rougher no varía de forma significativa, obteniéndose tanto para el período con y sin reactivo un 66,6%, por lo cual se puede inferir que el reactivo a prueba no incide de forma significativa en la recuperación de Molibdeno.

4.2.3 Tercer Set de Pruebas.

De acuerdo con los resultados de laboratorio y la intención de Planta Concentradora de procesar escoria para aumentar la producción de Cu fino, se decidió realizar una prueba industrial que consistió en adicionar una mezcla de reactivos para optimizar la recuperación de Cu de este material. Una vez concluida ésta, se procede a realizar un análisis considerando los siguientes elementos: tonelaje procesado, mezcla de mineral alimentada, dosificación de colectores y espumantes, efecto de la granulometría, ley de alimentación, entre otras variables operacionales.

Tabla 30. Formulación de reactivos a prueba nivel escala industrial

Prueba	pH	Dosis
Alternativa 2	7	Hostafлот NP-107 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Espumante Flotanol H-70 (40 gpt)

En la tabla 31, se indican algunos parámetros de la escoria alimentada a Planta durante el mes de septiembre de 2017 bajo el programa de ciclos realizados Con Reactivo a prueba (C/R) y Sin Reactivo a prueba (S/R).

Tabla 31. Parámetros de alimentación de escoria para prueba a nivel industrial

Período	Semana	Tratamiento S-5	Ley CuT (%)	Ley FeT (%)	Ley MoT (%)	Razón CuS/CuT (%)	F80
S/R	01 al 14	164,67	2,34	38,560	0,147	20,0	4571,7
	29 al 42	191,33	2,11	39,175	0,147	21,3	4738,5
	57 al 70	215,26	2,27	39,375	0,151	21,9	4668,1
	85 al 98	187,53	2,22	39,101	0,142	21,2	4589,1
C/R	15 al 28	160,43	2,13	38,920	0,148	21,8	4478,2
	43 al 56	192,39	2,02	38,600	0,147	21,3	4532,3
	71 al 84	221,14	2,34	38,871	0,151	21,9	4441,2
	99 al 112	183,55	2,20	38,962	0,147	21,9	4726,1

De la prueba industrial que consistió en ocho ciclos de prueba (Con y sin reactivo), se desprende lo siguiente:

- La granulometría de alimentación de escoria permanece prácticamente constante tanto en el período C/R, como en el período S/R, alcanzando entorno a los 4.590 [um].
- El nivel de procesamiento durante la prueba se fue modificando en cada uno de los ocho períodos de prueba. En los primeros veintiocho días de prueba (primeros catorce días S/R y siguientes catorce días C/R) se trabajó a mínimos tratamientos (160 tph), mientras que en los terceros veinte ocho días de cada prueba (primeros catorce días S/R y siguientes catorce días C/R) se aumentó el procesamiento al máximo posible (220 tph), sin que se generasen problemas operacionales.
- La ley de alimentación de Cu alcanza en el período S/R un 2,23% promedio, mientras que en el período C/R promedia un valor de 2,17%, valores equivalentes que permiten realizar una comparación entre los dos períodos. Hay que tomar en consideración que la ley de Cu de la escoria es cuatro veces más que la ley del mineral ingresada a planta.
- La razón CuS/CuT de la escoria alimentada bordea el 21,5%, permaneciendo constante en los dos períodos de prueba.

Tabla 32. Resultados Tercera Prueba a Escala Industrial.

Período	Semana	Tratamiento S-5	Ley CuT (%)	Ley FeT (%)	Ley MoT (%)	Razón CuS/CuT (%)	F80 (um)	P80 (um)	Rec Rougher Cu (%)	Rec Rougher Mo (%)	Recuperación Másica (%)	Ley de Concentrado Cu (%)	Razón Enriquecimiento	pH
S/R	01 al 14	164,67	2,34	38,56	0,147	20,0	4571,7	55,62	67,32	7,35	6,39	24,616	10,529	7,18
	29 al 42	191,33	2,11	39,17	0,147	21,3	4738,5	68,32	67,41	6,58	6,77	20,990	9,957	7,32
	57 al 70	215,26	2,27	39,37	0,151	21,9	4668,1	104,45	64,49	4,81	6,93	21,131	9,301	7,21
	85 al 98	187,53	2,22	39,10	0,142	21,2	4589,1	74,48	66,31	6,99	6,71	21,939	9,882	7,41
C/R	15 al 28	160,43	2,13	38,92	0,148	21,8	4478,2	57,66	72,24	6,47	6,11	25,184	11,823	7,17
	43 al 56	192,39	2,02	38,60	0,147	21,3	4532,3	78,12	71,47	6,39	6,47	22,314	11,046	7,28
	71 al 84	221,14	2,34	38,87	0,151	21,9	4441,2	105,44	66,99	4,17	6,74	23,271	9,945	7,27
	99 al 112	183,55	2,20	38,96	0,147	21,9	4726,1	68,33	71,78	6,53	6,39	24,698	11,226	7,45

Efecto de la Granulometría en Recuperación de Cu en Escoria.

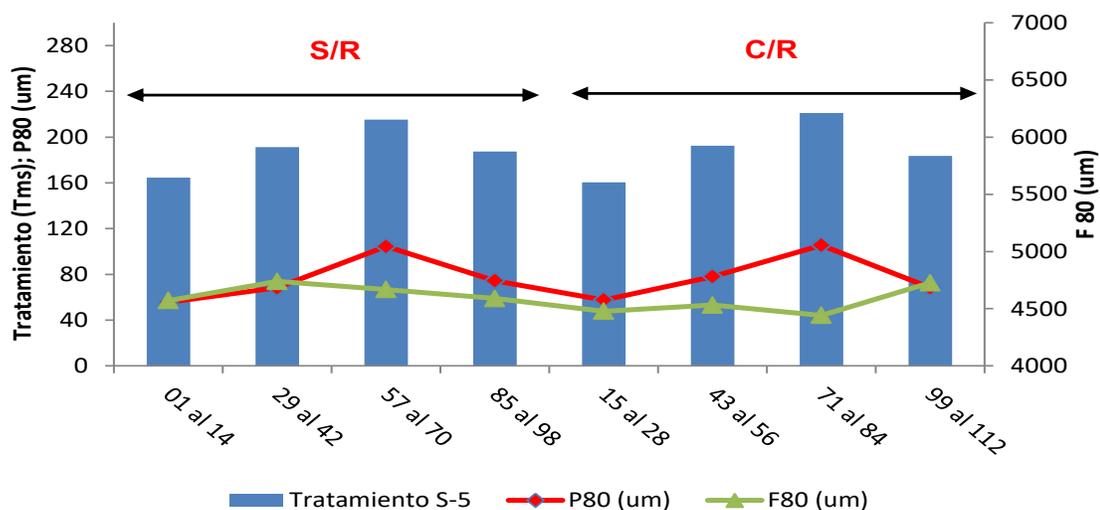


Gráfico 21. Nivel de procesamiento y granulometría en Recuperación de Cu en Escoria.

De acuerdo a la gráfica 21 se observa que cuando el tratamiento de escoria alcanza los 220 [tph], la granulometría producto al circuito de flotación sobre pasa los 100 [um], tanto en el período S/R como en el período C/R, lo cual es consecuente con los antecedentes planteados, específicamente con la Ley de Bond.

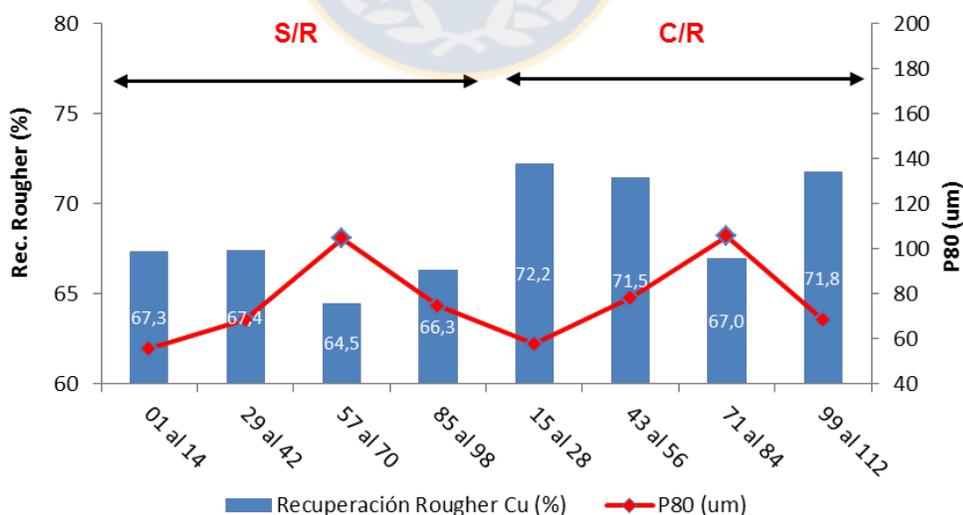


Gráfico 22. Efecto de la Granulometría en Recuperación de Cu en Escoria.

De acuerdo a la gráfica 22 se observa que a medida que la granulometría de producto es mayor, la recuperación de Cu disminuye considerablemente, viéndose

afectada en alrededor de cuatro puntos porcentuales, este efecto se ve reflejado en los dos períodos de prueba (S/R y C/R).

Efecto de nueva mezcla de reactivos en recuperación Rougher.

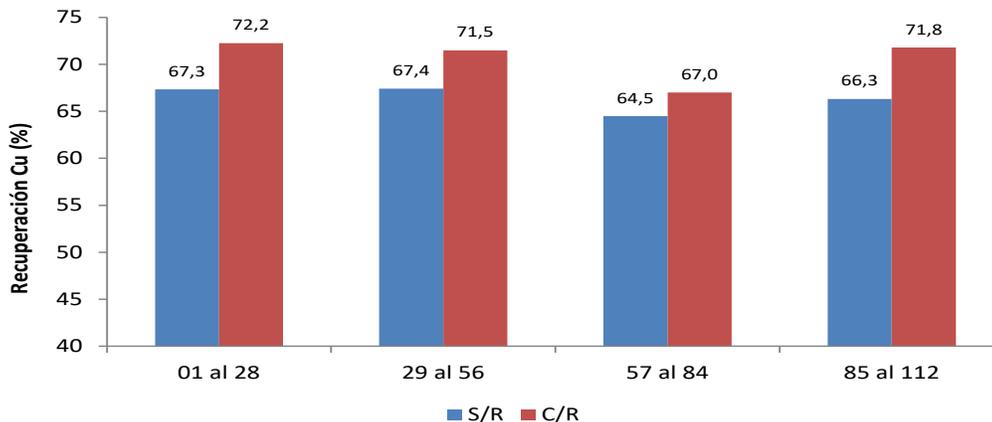


Gráfico 23. Efecto de nueva mezcla de reactivos en recuperación Rougher.

De la gráfica 23 se evidencia que la nueva mezcla de colectores correspondiente a los períodos C/R, logra cuatro puntos en promedio más en recuperación de Cu con respecto al estándar en cada fase de prueba (71% vs 67% aproximadamente), bajo condiciones de operación equivalentes. Más aún, si se considera el primer período (01 al 28), el cual se divide en dos partes, del 01 al 14 (S/R) y del 15 al 28 (C/R), en el cual la recuperación de Cu aumenta de 67,3% a 72,2%, apreciándose que a un p80 equivalente (S/R: 55,62 [um] y C/R: 57,66 [um]), y a una razón CuS/CuT más alta en el período C/R con respecto a S/R (21,8% y 20,0%), por lo cual se puede inferir que el aumento de recuperación se produce debido a la nueva mezcla de reactivos propuesta.

Recuperación Molibdeno Rougher.

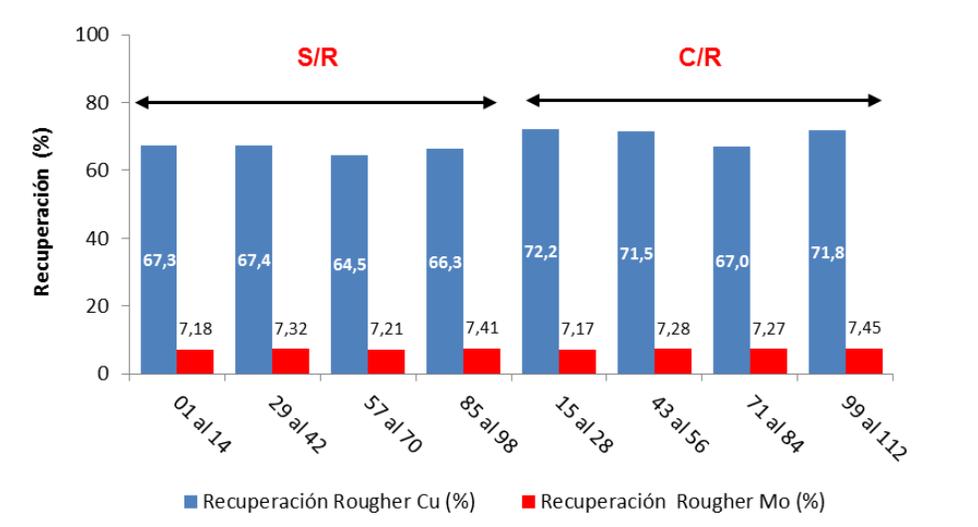


Gráfico 24. Recuperación Molibdeno Rougher.

Tanto en el período de prueba, con la formulación nueva como con la formulación estándar, la recuperación de Mo en el circuito independiente de escoria es muy baja (en torno a 6%) y no varía de forma significativa, esto se debe principalmente a la gran cantidad de Mo oxidada presentes en la escoria alimentada.

Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

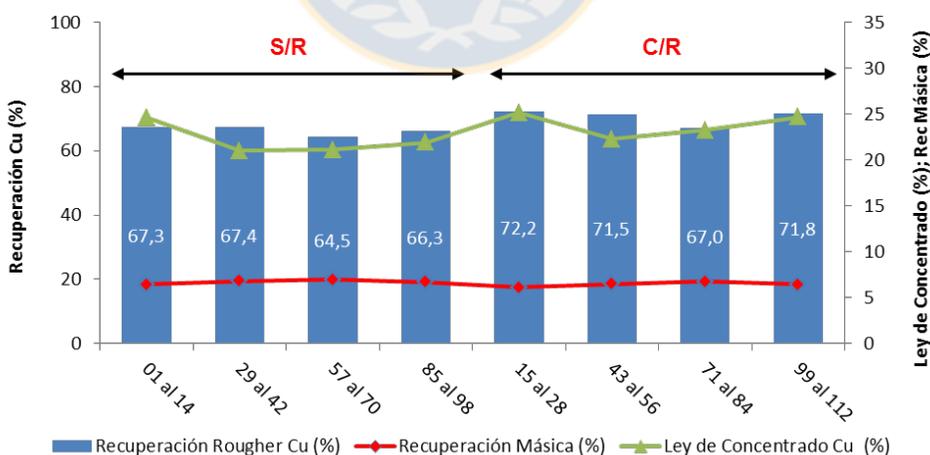


Gráfico 25. Recuperación Másica y Ley de Concentrado.

De acuerdo a la gráfica 25 se observa que en los dos períodos de prueba, la recuperación de Cu no se ve afectada producto del aumento o disminución de la ley de

concentrado de Cu. Por otra parte, la ley de concentrado de Cu bordea el 24% en Cu, por lo tanto se podría analizar la opción de impulsar el concentrado generado por la escoria como concentrado final a filtrar.



5 CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio se concluye lo siguiente:

- Las pruebas realizadas en Laboratorio, en donde se reemplazó el colector principal (Xantato 343) revelan que la mejor recuperación de Cu se obtuvo mediante el colector Hostafлот E-501 en comparación con los demás colectores a prueba, aumentando en 2,5 puntos porcentuales la recuperación con respecto a la prueba estándar a recuperaciones másicas similares. Si bien la recuperación de Cu aumenta con este colector, la recuperación de Molibdeno no se ve incrementada por ninguno de los reactivos probados.
- De acuerdo con las pruebas realizadas en laboratorio, en donde se varió la dosificación de Hostafлот E-501, se evidencia que a medida que se disminuye el Xantato 343 y aumenta el reactivo a prueba, la recuperación de Cu aumenta, por lo cual, las dos mejores formulaciones de reactivos se presentan en la tabla33.

Tabla 33. Formulaciones de Reactivos para Prueba Industrial.

Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E- 501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Espumante (g/t)
-	20	18	12	28
20	15	18	12	28

Estas dos alternativas logran un aumento de dos puntos porcentuales en la recuperación de Cu en comparación con la prueba estándar, sin lograr un efecto significativo en la recuperación de Molibdeno.

- La mejor formulación de reactivos para optimizar la recuperación de Cu de escoria proveniente de fundición se presenta en la tabla 34:

Tabla 34. Formulación de Reactivo para Escorias de Fundición.

Prueba	Dosis
Alternativa 2	Hostafлот NP-107 (50 gpt) Hostafлот E-980 (50 gpt) Flotanol H-70 (40 gpt)

Esta logra un aumento de cuatro puntos porcentuales de recuperación de Cu en comparación con la flotación estándar de laboratorio. En cuanto al Molibdeno, se obtiene una baja recuperación metalúrgica debido al alto Mo oxidado que existe en la muestra de escoria compositada. Además, el pH óptimo a utilizar al flotar escoria debe ser 7.

De acuerdo a las pruebas a escala industrial se concluye lo siguiente:

- En el período que contempla la formulación de reactivos a prueba (20 g/t Hostafлот E-501, sin adición de Xantato 343), a pesar de que se aprecia un aumento en la razón CuS/CuT, debido al no ingreso de CA y al mayor aporte de QM, la recuperación Rougher Cu es equivalente en comparación al período con la dosificación estándar, bajo condiciones de operación idénticas, por lo cual se concluye que la nueva formulación de reactivos, tiene un efecto positivo en la recuperación. Esto es comprobado con el aumento en dos puntos porcentuales en la recuperación de Cu Insoluble. Por otra parte, se ratifica en esta prueba industrial lo indicado en las pruebas de laboratorio que la nueva formulación no incide de forma significativa en la recuperación de molibdeno.
- Al analizar la segunda prueba a escala industrial (formulación estándar + 15 g/t de Hostafлот E-501) se concluye que el aumento de recuperación en ésta, se debe a un aumento en la mezcla de mineral proveniente de rajo "Campamento Antiguo" (Menor cobre oxidado en alimentación) y a una disminución en la proporción de mineral proveniente de rajo "Quebrada M", por lo cual no se debe atribuir esta mejor performance a la adición del reactivo a prueba.
- Producto de los dos puntos anteriores se concluye que la mejor opción para optimizar la recuperación de Cu de la mezcla alimentada con mayor proporción de material de rajo "QM" es la que se presenta en la tabla 35.

Tabla 35. Formulación de Reactivos para Mezcla con Mayor Proporción "QM".

Xantato 343 (g/t)	Hostafлот E- 501 (g/t)	Aero-3758 (g/t)	Aero-3730 (g/t)	Espumante (g/t)
-	20	18	12	28

- Con respecto a la prueba industrial con escoria, se concluye que la nueva formulación de colectores aumenta la recuperación de Cu, logrando cuatro puntos en promedio más en con respecto al estándar en cada fase de prueba (71% v/s 67% aproximadamente), bajo condiciones de operación equivalentes (P80, niveles de procesamiento, pH, etc). Por otra parte, se concluye que se debe trabajar con niveles de procesamiento no superior a los 190 t/h, debido a que al sobrepasar este límite, el p80 empieza a incidir de forma negativa en la recuperación de Cu, tal como lo demuestra el período correspondiente entre los 57 y 84 días, en donde se con tratamientos de 215 t/h se obtiene un p80 sobre los 100 [um] disminuyendo la recuperación de Cu en tres puntos porcentuales, en comparación con los períodos restantes de pruebas.

6 RECOMENDACIONES.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se recomienda realizar las siguientes pruebas:

- Evaluar el circuito de flotación actual en Planta Concentradora, en especial la etapa de flotación limpieza, poniendo especial énfasis en la utilización de la celda 300 m³ dentro de éste, con el fin de optimizar la recuperación de Cu.
- Evaluar recuperación de Cu a nivel de laboratorio, en base a diseño experimental, modificando variables operacionales como granulometría y porcentaje de sólidos de alimentación para mezclas con alto contenido de mineral proveniente de rajo "QM", las cuales no fueron parte de este estudio.
- Evaluar la adición de reactivos dispersantes, debido al alto contenido de arcillas presentes en mineral proveniente de rajo "QM", las cuales perjudican la recuperación de Cu, recubriendo la partícula de mineral susceptible de ser flotada y a la vez obstaculizando la incidencia de los reactivos en la hidrofobicidad de la partícula.
- Probar la adición de algún agente sulfidizante (NaSH) para la escoria de fundición Potrerillos y mineral proveniente de rajo "QM", con el fin de recuperar partículas oxidadas presentes en estos materiales.
- Evaluar posibles cambios en batería de hidrociclones (Tamaño y número de ciclones, relación ápex/vortex, etc) correspondiente a la sección 5 de molienda, con el propósito de aumentar los niveles de procesamiento de escoria conservando la granulometría óptima de producto hacia el circuito de flotación, y por lo tanto aumentar la producción de Cu fino.

7. BIBLIOGRAFÍA

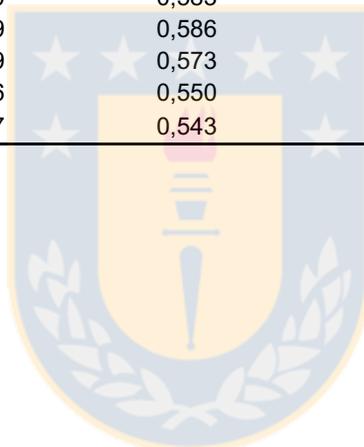
- [1] Castro, Sergio. Flotación Fundamentos & Aplicaciones, Universidad de Concepción; 2003. Pág. 31-35.
- [2] Concha, Fernando. Manual de Filtración y Separación. Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Concepción. 2012. Pág. 451.
- [3] Corporación Nacional del Cobre [en línea] [fecha de consulta: 12 febrero 2018]. Disponible en www.codelco.com/nosotros/prontus_codelco/2011-08-02/194636.html
- [4] Linares, Nataniel. Principios de Flotacion Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. Pág. 23 – 48.
- [5] Muñiz D, j. Evaluación y selección de reactivos de flotación para minerales de cobre y molibdeno. U.P. Cerro Verde - Minero Perú - octubre 1985.
- [6] Pavez, Osvaldo. Concentración de Minerales. Universidad de Atacama; 2012. Pág. 14-18.
- [7] Morales, Marco & Azañero, Ángel. Evaluación de Reactivos de flotación. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM Vol. 2, N.o 04 Julio - Diciembre 1999. 2 – 7.
- [8] Santibañez, Juan Carlos. Inducción Gerencia Minas-Plantas. Departamento de Prevención de Riesgos; 2012. Formato ppt.

8. ANEXOS

8.1 Datos Operacionales durante Primera Prueba

	Tratamiento	Ley CuT (%)	Recuperación Cu	%+70#
1	27.516	0,561	75,1	19,50
2	27.344	0,583	75,0	19,90
3	29.456	0,549	73,8	20,18
4	28.203	0,537	74,6	18,70
5	29.988	0,521	73,5	19,97
6	29.811	0,519	75,9	19,70
7	27.712	0,567	73,8	19,80
8	28.561	0,581	74,0	18,50
9	29.200	0,539	74,3	18,39
10	27.566	0,583	75,8	19,71
11	28.202	0,548	75,1	19,32
12	30.955	0,536	74,2	20,42
13	30.643	0,583	74,4	20,30
14	27.399	0,566	74,3	19,42
15	26.772	0,568	75,5	17,81
16	27.430	0,555	76,5	19,35
17	26.400	0,571	75,1	18,80
18	29.830	0,560	75,9	20,30
19	28.096	0,559	77,2	20,00
20	27.900	0,539	75,9	18,22
21	28.762	0,533	76,2	20,40
22	28.137	0,561	75,7	20,27
23	26.881	0,552	75,3	18,18
24	28.383	0,531	75,4	19,69
25	29.931	0,566	76,0	20,54
26	30.445	0,591	76,2	20,87
27	30.839	0,582	75,4	21,23
28	29.953	0,573	75,8	19,70
29	25.859	0,561	75,8	17,98
30	30.250	0,502	75,2	18,80
31	30.050	0,555	75,5	18,36
32	31.801	0,556	75,7	19,11
33	28.380	0,563	76,1	18,02
34	28.621	0,506	74,8	18,60
35	27.056	0,517	75,6	18,49
36	29.195	0,554	74,4	17,82
37	28.648	0,562	75,4	17,73
38	31.733	0,556	75,2	18,67
39	30.482	0,552	75,3	19,14
40	28.546	0,557	76,2	18,90
41	28.762	0,548	75,4	18,56
42	27.376	0,524	74,9	19,66
43	29.324	0,556	76,2	18,18
44	28.116	0,517	76,5	19,67
45	28.676	0,587	77,1	18,93
46	28.678	0,518	75,1	18,81

47	28.641	0,546	76,0	19,76
48	29.753	0,533	75,4	19,10
49	27.429	0,552	75,7	18,90
50	28.977	0,595	76,4	18,82
51	28.571	0,528	75,6	18,63
52	27.249	0,538	75,3	19,22
53	28.828	0,551	75,5	19,70
54	30.858	0,551	75,0	20,48
55	29.667	0,572	74,9	19,12
56	29.329	0,564	75,9	19,40
57	27.080	0,555	72,5	18,54
58	26.409	0,588	74,1	18,37
59	28.211	0,553	73,7	18,95
60	27.982	0,556	74,2	18,25
61	28.369	0,545	74,5	18,77
62	29.815	0,517	72,7	18,93
63	28.084	0,581	74,0	19,74
64	27.183	0,554	74,4	18,81
65	28.684	0,536	73,6	19,21
66	27.520	0,583	73,7	18,59
67	27.719	0,586	74,1	18,76
68	26.599	0,573	73,5	18,23
69	28.926	0,550	73,9	18,91
70	28.467	0,543	74,5	18,23



8.2 Datos Operacionales durante Segunda Prueba

	Tratamiento	Ley CuT (%)	Recuperación Cu	%+70#
1	28.737	0,559	78,8	18,22
2	29.777	0,558	78,8	18,27
3	29.018	0,575	78,5	19,36
4	29.783	0,578	78,5	19,22
5	30.337	0,549	76,2	19,81
6	28.576	0,588	75,9	17,97
7	29.560	0,598	75,7	18,35
8	28.834	0,566	78,3	18,02
9	28.907	0,553	77,0	18,53
10	30.693	0,571	78,9	19,86
11	29.832	0,595	75,8	19,08
12	28.500	0,568	76,2	18,25
13	29.718	0,557	78,4	18,30
14	30.084	0,585	77,3	20,25
15	29.163	0,566	77,1	20,05
16	28.880	0,548	78,0	20,63
17	29.913	0,567	78,7	19,56
18	28.413	0,558	77,5	20,82
19	30.917	0,563	78,5	18,96
20	28.610	0,573	77,6	19,73
21	28.875	0,544	76,7	20,93
22	30.877	0,577	77,9	20,09
23	29.584	0,582	78,0	20,86
24	30.203	0,579	77,0	18,81
25	29.297	0,554	76,6	19,29
26	29.580	0,580	78,6	19,12
27	30.642	0,554	77,9	19,55
28	29.614	0,569	78,6	19,83
29	29.889	0,590	75,6	18,10
30	28.764	0,568	76,9	18,61
31	30.167	0,583	77,8	18,84
32	29.282	0,572	75,9	19,12
33	28.786	0,558	76,6	18,94
34	27.967	0,545	78,2	18,49
35	28.297	0,576	77,5	18,78
36	28.020	0,561	75,7	17,80
37	29.864	0,566	76,2	18,81
38	28.843	0,556	77,1	19,47
39	28.531	0,549	76,0	18,74
40	30.751	0,571	77,8	20,89
41	29.882	0,556	75,1	18,52
42	29.113	0,574	77,7	19,72
43	30.761	0,556	77,0	20,11
44	28.657	0,581	78,1	17,76
45	29.997	0,595	79,8	20,18
46	30.234	0,603	79,4	20,13
47	29.006	0,571	78,4	19,63
48	30.207	0,561	76,7	19,63
49	29.031	0,555	79,4	18,76
50	30.091	0,569	78,0	18,52

51	30.739	0,574	78,7	19,15
52	29.619	0,572	78,2	18,58
53	30.129	0,596	77,3	19,32
54	29.786	0,560	78,7	18,46
55	29.611	0,582	78,8	19,56
56	30.228	0,561	77,5	19,41
57	29.697	0,579	76,5	18,29
58	30.786	0,582	75,4	18,94
59	31.036	0,542	76,5	20,14
60	29.105	0,601	76,4	18,33
61	30.762	0,597	75,8	19,98
62	30.937	0,552	77,1	20,23
63	29.471	0,553	74,6	17,95
64	30.902	0,597	76,3	18,55
65	31.637	0,594	77,5	20,29
66	30.122	0,567	76,8	19,86
67	29.639	0,593	75,7	18,5
68	28.630	0,580	78,0	18,66
69	28.441	0,552	76,8	18,65
70	30.403	0,565	75,8	19,50



8.3 Datos Operacionales durante Tercera Prueba (Escoria)

	Tratamiento S-5	Ley CuT (%)	Recuperación Cu	P80 (um)	pH
1	164	2,393	68,2	55,99	7,112
2	164	2,256	67,5	55,11	7,207
3	168	2,431	68,2	57,01	7,201
4	162	2,494	66,5	54,80	7,126
5	170	2,381	67,5	53,01	7,206
6	163	2,381	68,2	56,08	7,163
7	161	2,270	65,2	52,20	7,224
8	166	2,410	67,7	53,82	7,26
9	169	2,342	68,5	53,36	7,202
10	165	2,247	67,3	56,04	7,227
11	167	2,346	66,7	57,34	7,174
12	162	2,351	66,7	57,44	7,158
13	161	2,256	68,2	57,01	7,206
14	165	2,219	67,4	53,31	7,173
15	160	2,207	72,7	59,75	7,24
16	156	2,162	70,5	55,27	7,217
17	157	2,145	72,6	59,34	7,103
18	163	2,065	71,1	56,46	7,129
19	164	2,233	73,5	54,13	7,189
20	162	2,038	72,7	59,09	7,194
21	158	2,173	71,5	54,75	7,136
22	159	2,211	72,9	55,14	7,15
23	159	2,053	71,9	59,32	7,122
24	165	2,091	73,9	59,17	7,104
25	161	2,031	70,1	55,04	7,234
26	165	2,255	70,2	57,56	7,158
27	156	2,217	73,4	59,50	7,247
28	163	2,044	74,0	58,10	7,205
29	195	2,088	69,3	70,37	7,224
30	190	2,128	67,2	65,97	7,42
31	187	2,152	68,9	67,85	7,242
32	192	2,048	69,3	69,72	7,271
33	190	2,133	65,4	68,36	7,227
34	192	2,024	69,6	70,00	7,344
35	194	2,133	67,9	67,31	7,397
36	189	2,163	66,8	68,63	7,319
37	188	2,008	65,4	67,97	7,365
38	197	2,043	65,1	69,66	7,348
39	192	2,173	67,4	68,25	7,227
40	190	2,016	65,5	70,62	7,395
41	191	2,178	68,9	65,82	7,31
42	189	2,180	65,9	69,58	7,351
43	192	1,963	71,5	79,45	7,287
44	194	1,930	72,7	79,50	7,27
45	193	2,078	72,3	76,00	7,225
46	188	1,980	71,2	78,19	7,249

47	195	2,155	69,8	76,98	7,331
48	190	2,043	70,3	76,91	7,223
49	193	2,101	70,5	77,04	7,355
50	192	2,030	70,4	79,01	7,275
51	193	2,021	71,8	79,11	7,263
52	189	2,086	71,0	78,24	7,276
53	196	1,927	72,5	77,36	7,293
54	195	1,993	70,9	78,81	7,244
55	194	1,951	73,5	79,79	7,243
56	192	2,044	72,1	76,29	7,363
57	216	2,437	64,8	105,20	7,155
58	218	2,360	65,0	104,70	7,205
59	217	2,177	64,9	104,90	7,104
60	216	2,371	65,2	104,30	7,171
61	218	2,376	63,5	100,10	7,291
62	214	2,178	64,3	100,60	7,293
63	221	2,059	65,1	105,60	7,222
64	215	2,170	65,2	103,60	7,055
65	219	2,292	64,7	100,90	7,32
66	220	2,206	64,1	109,90	7,253
67	216	2,109	63,1	107,80	7,316
68	212	2,445	64,3	108,00	7,255
69	218	2,268	63,9	103,40	7,072
70	219	2,432	63,0	107,40	7,323
71	219	2,499	66,3	103,30	7,202
72	228	2,439	67,5	102,00	7,248
73	227	2,253	66,8	100,20	7,301
74	223	2,433	66,4	102,70	7,104
75	218	2,081	64,5	106,20	7,278
76	217	2,335	67,8	105,80	7,272
77	219	2,327	67,8	103,80	7,394
78	217	2,347	68,2	106,20	7,24
79	221	2,249	65,4	109,50	7,225
80	218	2,271	66,6	108,70	7,35
81	219	2,425	66,5	107,60	7,265
82	227	2,321	67,4	104,70	7,159
83	223	2,396	65,3	107,20	7,223
84	220	2,492	67,5	106,00	7,323
85	183	2,178	65,6	75,77	7,326
86	186	2,188	66,9	73,79	7,356
87	185	2,227	67,8	75,13	7,306
88	185	2,290	67,9	75,66	7,373
89	196	2,286	65,9	73,94	7,318
90	195	2,163	66,1	74,01	7,502
91	178	2,220	64,8	75,51	7,404
92	195	2,280	65,3	73,49	7,441
93	182	2,170	65,8	74,13	7,262
94	196	2,216	67,7	74,58	7,493
95	190	2,195	67,3	73,04	7,548
96	182	2,198	64,5	75,59	7,486
97	176	2,171	67,8	74,56	7,433
98	196	2,300	72,2	74,18	7,406
99	191	2,258	70,7	69,79	7,416
100	177	2,301	71,4	66,80	7,35

101	179	2,204	71,5	69,05	7,546
102	185	2,147	71,7	69,90	7,495
103	186	2,123	72,5	67,31	7,424
104	182	2,231	72,8	69,61	7,576
105	182	2,117	73,0	67,46	7,494
106	186	2,268	69,8	69,84	7,445
107	184	2,172	71,9	69,10	7,514
108	188	2,253	71,6	66,74	7,582
109	186	2,300	71,5	65,90	7,436
110	183	2,165	73,3	66,06	7,401
111	177	2,263	71,1	68,66	7,443
112	184	2,260	72,2	67,56	7,399



8.4 Procedimiento Flotación Estándar de Laboratorio

Procedimiento Flotación Estándar de Laboratorio con Correa # 30.



Detalle	Fecha	Nombre	Firma
Elaborado Por	Octubre 2015	Ingeniero Control Procesos	
Revisado Por	Octubre 2015	Ingeniero Prevención de Riesgo	
Aprobado Por	Octubre 2015	Superintendente Control Procesos	

TABLA DE CONTENIDOS

- 1. Objetivo.**
- 2. Alcance.**
- 3. Responsabilidades.**
- 4. Equipos, Materiales e Insumos.**
- 5. Descripción de la Tarea.**
 - 5.1.- Flotación Estándar de Correas # 30 Diarias.**
- 6. Riesgos Asociados y Controles.**
 - 6.1.- Disposiciones de Seguridad: Identificación y Control de Peligros.**
 - 6.2.- Disposiciones Ambientales: Identificación y Control de Aspectos Ambientales**
 - 6.3.- Situaciones de Emergencias.**
- 7. Registros.**
- 8. Definiciones.**
- 9. Cálculos**
- 10. Información de seguridad**



1. Objetivo.

El objetivo del procedimiento es establecer las acciones necesarias para realizar un adecuada Operación en la realización de Flotación estándar de Laboratorio con compósito de muestra diaria de correas # 30 ya sea en el proceso de *Flotación Diaria* como de determinación de *Cinética de Flotación*, de tal manera de controlar los riesgos inherentes y asociados a la operación.

En resumen los objetivos son:

- Proporcionar una guía de trabajo al personal que ejecuta esta tarea.
- Conocer los riesgos inherentes de cada actividad de esta operación.
- Garantizar un normal funcionamiento y eficiencia del equipo de trabajo.
- Controlar los riesgos de operación, minimizando la posibilidad de accidente que puedan dañar a las personas y/o las instalaciones.
- Controlar y mitigar los aspectos y posibles impactos ambientales, que se puedan producir producto de la ejecución de este instructivo.

2. Alcance.

Este procedimiento es aplicable a personal Codelco que participan en el Laboratorio Metalúrgico Sulfuros.

3. Responsabilidades.

CARGO/ ACTIVIDAD	Analista Metalurgista	Ingeniero Control Procesos	Superintendente Control Procesos	Ingeniero Prevención de Riesgos
Elaboración de Procedimiento de Trabajo.	X	X		X
Revisión de Procedimiento de Trabajo		X		X
Aprobación de Procedimiento			X	
Cumplimiento de los disposiciones del procedimiento, seguridad, calidad y medio ambiente del Presente procedimiento	X	X	X	X
Mantener procedimientos de trabajos vigentes y en el área de trabajo		X		
Difundir y evaluar el procedimiento de trabajo a todo el personal del laboratorio		X		

4. Equipos, Materiales e Insumos.

• Equipos:

- 01 Equipo de molienda batch (mesa y molino)
- 01 Celda de Flotación WEMCO o Essa
- 01 Filtros de Presión de aire comprimido.
- 01 Balanzas electrónicas de 0.1 g de precisión
- 01 pH-metro

• Materiales:

Bolsas, bandejas, baldes, papel y tarjetas.

• Insumos:

- Agua Industrial Fresca e Industrial de Proceso Similar.
- Reactivos de Flotación (colectores, espumantes, modificador de pH)
- Energía Eléctrica.

5. Descripción de la Tarea.

5.1.- Generalidades del Proceso Flotación Estándar de Laboratorio.

La tarea consiste en representar fielmente el procedimiento de flotación industrial a escala de laboratorio, de tal manera que con una cantidad mínima de costo y mineral poder determinar si la planta concentradora está obteniendo los niveles de: tratamiento, leyes y recuperación de cobre presupuestados.

5.2.- Operación de Flotación Estándar de Laboratorio.

Preparación de Muestra Previo a Flotación.

1. La muestra de alimentación primaria, es retirada de la zona de muestreo del Tripper Car, en C#30 o en su defecto, en las correas C#40s (alimentación de los molinos de Barras) y trasladada a laboratorio metalúrgico de Sulfuro (en camioneta o manualmente según cantidad de muestras). La muestra, mediante un proceso de chancado es reducido a 100% bajo malla 8, luego se homogeniza y se cuarteán bolsas para realizar la molienda.
2. En un molino batch de laboratorio se depositan los elementos moledores (Bolas de acero), luego se mezcla con agua (50% agua industrial fresca y 50% agua industrial recuperada) necesaria para obtener el 62% de sólidos requeridos para la molienda, a continuación se deposita el mineral y la dosis de reactivos estándares (ver tabla 1) y una porción de cal viva (CaO) en cantidad aproximada para alcanzar un pH=10.50 (o el indicado por el Supervisor). Acto seguido se cierra el molino y se deposita en mesa de molienda.
3. Se selecciona el tiempo de molienda previamente calculado para obtener 23% sobre ASTM #70 (#65 Ty) y se procede a dar inicio a la molienda.
4. Una vez terminado el tiempo de molienda se saca el molino de la mesa de molienda, se procede abrirlo y vaciar el contenido en un balde con un colador para retener los elementos moledores en ella. Con la ayuda de una piseta se lava muy bien los elementos moledores y el interior del molino (esta agua de lavado está formada por 50% de agua industrial fresca y 50 % de agua recuperada de proceso similar).
5. La pulpa se deposita en celda de flotación Wemco, se regula su nivel, se mide el pH y en caso de ser necesario (pH=10.50) se procede a regularlo con pequeñas porciones de cal viva, hasta obtener el valor deseado.
6. Una vez obtenido (ver tabla 1) los parámetros requerido o necesarios se pone en marcha o energiza la celda para agitar la pulpa, se dosifica la cantidad de solución de Xantato de sodio se acondiciona 1 minuto y se inicia la flotación.

REACTIVO	DOSIS (g/ton)	Dosis Lab. (volumen)	Punto de Adición
Espumante AF65/X133 (80/20 %V/V)	28.0	72.0 µL	Molino
AERO 3758 Promoter	18.0	46.8 µL	Molino
AERO-3730 Promoter	12,0	27.0 µL	Molino
XA-343 (SIPX)	20,0	14.5 mL	Celda

Tabla 1. Reactivos estándar de flotación de laboratorio.

7. Cuando falten diez segundos para el tiempo cero, si es necesario se abren las válvulas de aire y agua de reposición.

8. Al minuto cero se pone en funcionamiento el autoskiper y se inicia la flotación, transcurridos dos minutos de flotación se hace un lavado con agua utilizando una pizeta. Esta acción se repite cada dos (2) minutos, lavando toda el área lateral de la celda, cuando finalice el minuto número once (11) se cierran las válvulas de agua y aire, se procede a des-energizar el autoskiper.
9. El concentrado recolectado en una bandeja se procede a filtrar, identificar bien y poner a secar en estufa, de la misma manera se procede con el relave de la flotación.

Determinación de Cinética de Flotación de Mineral de C#30.

10. Preparar el mineral de acuerdo a los puntos 1 al 7.
11. Al minuto cero se pone en funcionamiento el autoskiper y se inicia la flotación. Transcurridos 30 segundos, dar un primer lavado de las paredes de la celda utilizando agua de una pizeta y repetir esta acción cada 1 min.
12. El proceso flotación toma un tiempo de 25 minutos con un tiempo de acondicionamiento de 1 min ($T_{tot} = 26$ min). Considerando $T = 0$ min, el inicio de la flotación, se deben obtener 8 fracciones de concentrado, los cuales son reconocidos con una letra desde la Fracción A, hasta la Fracción H. (Ver tabla 2).
13. Al finalizar el minuto número veinticinco (25) se cierran las válvulas de agua y aire, se procede a des-energizar el autoskiper.
14. Los concentrados recolectados en bandejas se proceden a filtrar, identificar bien y poner a secar en estufa, de la misma manera se procede con el relave de la flotación.

Fracción de Concentrado	Tiempo de Retiro de Concentrado (min)	T acumulado de Flotación (min)
A	1	1
B	2	3
C	2	5
D	2	7
E	3	10
F	5	15
G	5	20
H	5	25

Tabla 2. Fracciones de concentrado de cinética de flotación.

6. Riesgos Asociados y Controles.

6.1.- Disposiciones de Seguridad y Salud Ocupacional: Identificación y Control de Peligros.

Peligros-Riesgos asociados a la actividad	Consecuencias	Medidas Preventivas	Métodos de Trabajo Correcto
---	---------------	---------------------	-----------------------------

Golpeado Contra objeto estacionario (estructuras en general y que componen el sector de trabajo)	• Contusión	1.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) Atento a los condiciones del sector e inspección visual del área de trabajo. 2.- Uso de Equipo de protección personal específico del área 3.- Estar atento a las condiciones de operación.	1.-Procedimiento muestreo de pulpas y minerales en Planta Concentradora; Procedimiento de Flotación Estándar de Laboratorio con mineral Correa # 30. 2.- Estándar de control de fatalidad N° 5 "Equipos y herramientas portátiles y manuales" 3.- Estándar de control de fatalidad N° 12 "Incendio". 4.- Estándar de control de fatalidad N° 9 "Manejo de Sustancias Peligrosas". 5.- Estándar de control de fatalidad N° 8 "Guardas y protecciones de equipos"
Golpeado por objeto en movimiento por operación de equipos (Molino Batch, celda de flotación WEMCO), movimiento de tapa de molino Batch.	• Contusión	1.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) Atento a los condiciones del sector e inspección visual del área de trabajo. 2.- Uso de Equipo de protección personal específico del área 3.- Estar atento a las condiciones de operación. 4.- Cumplir con estándar de control de fatalidad N° 5 "Equipos y herramientas portátiles y manuales".	
Atrapado en o entre equipos en movimiento (operación de equipos Molino Batch, celda de flotación WEMCO)	• Amputaciones. • Muerte	1.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) y estar atento a las condiciones del sector. 3.- Transitar por sectores con iluminación adecuada y habilitados. 4.- Solicitar permisos al ingresar a sectores. 5.- Cumplir con estándar de control de fatalidad N° 8 "Guardas y protecciones de equipos"	
Abrasión por manipulación de objeto (Manipulación de herramientas)	• Heridas de partes del cuerpo (Manos)	1.- Cumplir con estándar de control de fatalidad N° 5 "Equipos y herramientas portátiles y manuales" 2.- Uso de Equipo de protección personal específico del área.	
Abrasión por material extraño en el ojo (Polvo en suspensión, proyección de partículas, limpiarse los ojos con manos u otro elemento contaminado o sucio)	• Lesiones oculares (abrasiones, conjuntivitis, otras)	1.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) y estar atento a las condiciones del sector. 2.- Uso de Equipo de protección personal específico del área.	
Caída al mismo o igual nivel (cuando el trabajador transita por caminos de forma apresurada o	• Contusión • Esguince	1.- Planificar tareas de trabajo (Ver, Pensar, actuar) Atento a los condiciones del sector. 2.- Tomarse el	

Anexos

imprudente, cuando transita en sectores con desniveles)		tiempo adecuado para realizar las tareas.	
Sobre-esfuerzo por carga o postura (al realizar un movimiento o fuerza en posición inadecuada)	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones musculares • Daño lumbar 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Planificar tareas de trabajo (Ver, Pensar, actuar) Atento a los condiciones del sector. 2.- No levantar más del peso establecido (50 kg. los hombres, 20 kg. mujeres., variar posición de trabajo, realizar pausas de descanso en tareas de larga duración, realizar levantamiento de carga con las piernas (mantener espalda recta). 	
Fuegos y Explosiones (Incendio de instalaciones, equipos, otros)	<ul style="list-style-type: none"> • Politraumatismos. • Intoxicaciones por humos. • Quemaduras. • Muerte. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Respetar delimitaciones de áreas de trabajo. 2.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) y estar atento a las condiciones del sector. 3.- Solicitar permisos al ingresar a sectores. 4.- Cumplir con Estándar de control de fatalidad N° 12 "Incendio". 5.- Conocer plan de emergencia del área. 	
Exposición a cambios de temperaturas (Bajas temperaturas en la noche en turno C, Falta de equipo de protección personal adecuado (ropa térmica))	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades comunes 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Utilizar Ropa adecuada (Térmica cuando se requiera) 	
Contacto con Reactivos (proyecciones, derrames)	<ul style="list-style-type: none"> • Dermatitis • Irritaciones • Quemaduras 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Planificar tareas de trabajo ART (Ver, Pensar, actuar) Atento a los condiciones del sector. 2.- Uso de Equipo de protección personal específico del área. 3.- Realizar muestreo con iluminación adecuada. 4.- Cumplir con estándar de control de fatalidad N° 9 "Manejo de Sustancias Peligrosas" 	
Ataques o actos de violencia (interacciones con personas) (Por factores biopsicosociales)	<ul style="list-style-type: none"> • Contusiones 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Comunicación inmediata de problemas a la supervisión directa. 	

PELIGROS HIGIENE INDUSTRIAL	MEDIDAS DE CONTROL
Exposición a polvos no clasificados, sílice.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso Obligatorio del Equipo de Protección Personal, uso de vestimenta completa que cubra la mayor de piel expuesta: buzo o tenida antiácida completa (sin remangarse la ropa), guantes de seguridad, zapatos de seguridad, casco de seguridad. • Tiempo de exposición, permanecer el menor tiempo posible en ambientes contaminados. • Uso de Respirador con filtros para polvos y gases. • Charlas de Inducción, capacitación general previa, ODI (obligación de informar). • Programa de vigilancia médica, si corresponde.
Exposición al ruido.	<ul style="list-style-type: none"> • Charlas de Inducción, capacitación general previa, ODI (obligación de informar). • Tiempo de exposición, permanecer el menor tiempo posible en ambientes de exposición a ruido. • Rotación de personal en ambientes saturados. • Mediciones de riesgos higiénicos e incorporación a programa de vigilancia médica, si corresponde. • Uso de Protección auditiva.
Contacto de Sustancia Peligrosa.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso Obligatorio del Equipo de Protección Personal, uso de vestimenta completa que cubra la mayor de piel expuesta: buzo (sin remangarse las mangas), guantes de seguridad largos (Nitrilo), zapatos de seguridad, casco de seguridad, careta facial adosado a casco. • Tiempo de exposición, permanecer el menor tiempo posible en ambientes contaminados. • Uso de Respirador con filtros para polvos y gases. • Charlas de Inducción, capacitación general previa, ODI (obligación de informar).

6.1.1.- Requerimientos Operativos.

6.1.1.1.- Del Personal

- Hacer hoja de ART y Listas de chequeo de equipos.
- Ante cualquier desviación de los planificado, DETENGASE y VERIFIQUE lo programado.

6.1.1.2.- Uso Obligatorio del Equipo de Protección Personal (EPP).

- ✓ Lentes de Seguridad
- ✓ Respirador con filtros mixtos
- ✓ Zapatos de Seguridad
- ✓ Guantes Químicos (Nitrilo- Cabritilla)
- ✓ Buzo piloto.
- ✓ Buzo de papel (Tyveck) si se requiere.
- ✓ chaleco reflectante
- ✓ Protectores auditivos (Tapón o tipo fono)
- ✓ Cascos de seguridad (Uso obligatorio fuera de las dependencias del laboratorio y en área de chancado)

6.1.1.3.- Materiales para realizar la limpieza

- Escobillones plásticos

- Baldes
- Palas
- Aire comprimido.

6.1.1.4.- Equipos de apoyo.

- ✓ Camioneta (si se requiere)

6.2.- Disposiciones Ambientales.

6.2.1.- Identificación de Aspectos Ambientales.

ASPECTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE CONTROL
Residuos Sólidos: Generación y acumulación de materiales Sólidos (papeles, EPP contaminado, bolsas plásticas, otros)	Esta variable es controlada a través de la aplicación del Estándar Divisional de Manejo de Residuos Sólidos a través del Manejo de Residuos sólidos según aplicando principalmente la etapa N° 1 la cual corresponde a la clasificación en puntos de acumulación primaria.
Emisiones: Gases provenientes de camioneta (Combustión de diésel)	Mantener camionetas con revisión técnica al día. Programa de mantención de vehículos. Hacer funcionar el motor del vehículo en lo posible sobre las 2000 r.p.m.
Derrame de material (muestras) y de reactivos (cal, espumante, colectores)	Las muestras solidas se deben Recolectar y depositarlo en tolva ubicada fuera del laboratorio para posteriormente ser incorporado al proceso productivo. Derrame de reactivos es controlada a través de la aplicación del Estándar Divisional de Manejo de Residuos Sólidos a través del Manejo de Residuos sólidos según aplicando principalmente la etapa N° 1 la cual corresponde a la clasificación en puntos de acumulación primaria.

6.3.- Situaciones de Emergencias.

Todas las situaciones de emergencia derivadas de la aplicación de este procedimiento, que se pudieran generar, deberán ser detenidas atendidas de acuerdo a lo establecido en los procedimientos SGC-PL-500-PRA-001 Plan de Emergencias Concentradora y Procedimientos de emergencias divisionales.

7. Registros.

Libro de novedades.
ART.
Listas de chequeo.

8. Definiciones.

Ley de fino: Porcentaje en peso del el elemento de interés (Cu, Fe, Mo, etc.)

10. Cálculos.

Nomenclatura:

Flujo	Variable	Ley de fino
Alimentación	F	f
Concentrado	C	c
Relave	R	r

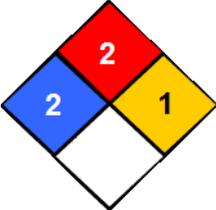
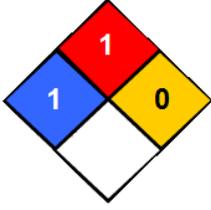
Balance de Masas:

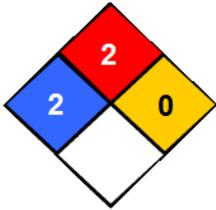
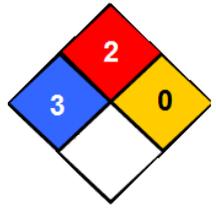
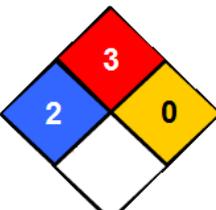
$$\begin{aligned} \text{Sólidos} & F = C + R \\ \text{Finos} & F * f = C * c + R * r \end{aligned}$$

Recuperación metalúrgica:

$$R_m = \frac{C * c}{F * f}$$

11. Información de Seguridad.

NFPA	RIESGOS Y MEDIDAS PRECAUTORIAS INMEDIATAS.
<p>SIPX (Xantato de sodio)</p> 	<p>Ingestión: Irritante del tracto gastrointestinal. Lavar la boca con agua. Si ha habido ingestión, dar a beber 2 a 3 vasos grandes de agua. Solicite atención médica inmediatamente.</p> <p>Contacto con ojos. Irritante. Lavar inmediatamente con abundante agua. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con piel: Puede liberar di-sulfuro de carbono en contacto con la piel húmeda que puede ser absorbido a través de la piel. Lavar inmediatamente con abundante agua. Solicitar atención médica.</p> <p>Inhalación: Respirar el polvo puede resultar en irritación de las vías respiratorias. Retirar a la persona afectada a una zona ventilada. Ayude a la respiración, si es necesario. Mantenga en reposo, abrigada. Solicite atención médica.</p>
<p>AEROFROTH 65 Frother</p> 	<p>Ingestión: No se anticipa que el material sea lesivo por ingestión. No son necesarias medidas especiales de primeros auxilios. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con piel: Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con ojos: Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos. Solicitar atención médica.</p> <p>Inhalación: No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre. Solicitar atención médica.</p>

<p>OREPREP X133 Frother</p> 	<p>Ingestión: Solicitar asistencia médica inmediatamente. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.</p> <p>Contacto con piel: Irritante. Lavarse inmediatamente con abundante agua. Eliminar la ropa y zapatos contaminados sin demora. Conseguir atención médica si el dolor o la irritación persiste después de lavar o si aparecen signos y síntomas de sobre- exposición. Limpie con un chorro de agua con un flujo continuo del agua tibia por 20 minutos o hasta el material sea eliminado. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con ojos: Puede provocar irritación. Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos. Solicitar atención médica.</p> <p>Inhalación: Nocivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Consultar a un médico si los síntomas persisten.</p>
<p>AERO 3730 Promoter</p> 	<p>Ingestión: Nocivo. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Solicitar asistencia médica inmediatamente.</p> <p>Contacto con piel: Eliminar la ropa y zapatos contaminados sin demora. Usar guantes impermeables. Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón. Prestar particular atención a los agrietamientos de la piel, pliegues de las uñas, etc. No volver a usar la ropa contaminada. No volver a usar los productos de cuero contaminados. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con ojos: Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos. Solicitar atención médica.</p> <p>Inhalación: Retirar la víctima al aire libre. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Si el paciente no respira, aplicar respiración artificial. Obtener atención médica inmediatamente.</p>
<p>AERO 3758 Promoter</p> 	<p>Ingestión: Irritante. Solicitar asistencia médica inmediatamente. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca administrar nada por la boca a una persona inconsciente.</p> <p>Contacto con piel: Irritante. Eliminar la ropa y zapatos contaminados sin demora. Lavarse inmediatamente con abundante agua. No volver a usar la ropa contaminada sin limpiar. Proporcionar atención médica.</p> <p>Contacto con ojos: Riesgo de lesiones oculares graves. Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos. Solicitar atención médica.</p> <p>Inhalación: Irritante. Retirar la víctima al aire libre. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Consultar a un médico si los síntomas persisten.</p>