

SEDE SANTIAGO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL EN MINAS

PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE COBALTO EN CHILE

Tesina para optar al Título de Ingeniero Civil en Minas

Profesor Guía: Waldo Gonzalez Muñoz

Alumnos: Katherine Cerda

Javier Ormazabal

Vicensa Palavicino

Leslie Sullca

Santiago, Chile

Diciembre, 2018



RESUMEN EJECUTIVO

En el presente estudio de obtención de título, se investiga la prefactibilidad técnico económico y se establece una configuración óptima de proyecto de producción de sulfato de Cobalto del abastecimiento que está presente en la Cuarta Región de Coquimbo particularmente en las plantas de la Cobaltera. Para ello se realizó un estudio de mercado, técnico y económico de una planta productora de sulfato de cobalto; para determinar las características y el precio de los productos en un plazo de 10 años.

Se realizó un estudio técnico para diseñar técnicamente la planta, las proyecciones del sistema de producción a utilizar, capacidades y; por último el diseño de un layout. También es fundamental considerar el requerimiento de mano de obra, servicios básicos. Una vez diseñada la planta productora de sulfato de cobalto, se obtienen los costos de inversión y operación que esta tenga. El monto de inversión que requiere la planta productora es de US\$240.000, obteniéndose una TIR del 37% y un VAN a las tasas de descuento del 10%, con una ley de 0.5% de US\$307.667. Por lo cual se considera como un proyecto altamente rentable, por lo que se considera aceptable para pasar a una etapa de factibilidad.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	AN	TEC	EDENTES GENERALES	. 8
	1.1.	Intro	oducción	. 8
	1.2.	Obje	etivos	. 9
	1.2	.1.	Objetivo general	. 9
	1.2	.2.	Objetivos específicos	. 9
	1.3.	Met	odología	10
	1.4.	Alca	ances	10
	1.5.	Des	cripción del Cobalto	11
	1.6.	Apli	caciones del Cobalto	13
	1.6	.1	Sustitución - Alternativas	14
2.	ES	TUDI	O DE MERCADO	14
	2.1.	La h	nistoria de Cobalto en Chile	14
	2.2.	Cob	palto a nivel mundial	16
	2.2	.1	Reservas y recursos	16
	2.2	.2	Demanda del cobalto	18
	2.2	.3	Países productores	19
	2.2	.4	Precio del Cobalto	20
	2.3	Aná	lisis FODA	22
	2.4	Car	ta Gantt	23
3.	ES	TUDI	IO TÉCNICO	23
	3.1	Des	cripción del Proyecto	23
	3.1	.1	Ubicación de la planta	23



	3.1.2	Tamaño de la planta	. 26	
	3.1.3	Abastecimiento de mineral	. 26	
	3.1.4	Descripción del proceso productivo	. 27	
	3.1.5	Servicios de la planta	. 32	
	3.1.6	Infraestructura Administrativa	. 33	
4.	. ESTUDI	O ECONÓMICO	. 34	
	4.1 Gene	eración de costos operacionales	. 35	
	4.2 Ingre	sos por venta (US\$/ Kg sulfato)	. 38	
	4.3 Resu	men de parámetros de operación	. 39	
	4.4 Análi	sis de Sensibilidad	. 40	
5.	CONCL	USIONES	. 42	
6.	RECOM	ENDACIONES	. 43	
7.	7. BIBLIOGRAFÍA			
0	O ANEVOC			



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cobalto	12
Ilustración 2. La Cobaltera, Distrito San Juan	24
Ilustración 3. Diseño de Planta	25
Ilustración 4. Diagrama de Flujo	31
Ilustración 5. Distribución espacial de yacimientos del tipo IOA (magnetita – apatito) e	
IOCG (óxidos hierro-cobre oro) en la franja ferrífera de Chile, arco magmático	
Cretácico Inferior. Tomado de Mathur et al. (2002) [izquierda] y modificado de Barra et	t
al. (20002) [Derecha]5	50
Ilustración 6. Mineral de Labrar (1), Quebradita (2), El Romero (3), Fraguita y distrito L	.a
Cobaltera en el contexto del Distrito San Juan, según Geoexploraciones 20035	52
Ilustración 7. Mineral de Labrar (1), Quebradita (2), El Romero (3), Fraguita y distrito L	.a
Cobaltera en el contexto del Distrito San Juan, según Geoexploraciones 2003 5	53
Ilustración 8. Ubicación aproximada zonas de interés 1 (en rojo) y 2 (en azul) en el	
distrito San Juan.	55
Ilustración 9. Contexto metalogénico distrito Tambillo (tomado de Díaz et al., 2009)5	56
Ilustración 10. Contexto Geológico Distrito Tambillos (tomado de Díaz et al., 2009) 5	59



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades Químicas del Cobalto	12
Tabla 2. Porcentajes de consumo de cobalto por sectores de aplicación	13
Tabla 3. Producción registrada de Cobalto en Chile	15
Tabla 4. Análisis Foda	22
Tabla 5. Resumen de producción de sulfato de cobalto	34
Tabla 6. Producción de sulfato de cobalto	35
Tabla 7. Costo de recurso humano por cantidad de sulfato de cobalto producido	35
Tabla 8. Costo por consumos por insumos por cantidad de sulfato de cobalto produ	
Tabla 9. Inversión necesaria para la construcción de la planta de procesos	37
Tabla 10. Costos de operación de la planta de procesos, por cantidad de sulfato de	;
cobalto producido	38
Tabla 11. Valores de VAN y TIR	39
Tabla 12. Leyes establecidas para análisis sensibilidad.	40
Tabla 13. Análisis de sensibilidad para las 4 leyes	40



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Producción y reservas de Cobalto (toneladas métricas)	17
Gráfico 2. Reservas de Cobalto por país (toneladas métricas)	18
Gráfico 3. Demanda de cobalto de las baterías de iones de litio	19
Gráfico 4. Producción mundial de Cobalto (toneladas métricas)	20
Gráfico 5. Precio al contado de cobalto en la LME (USD por tonelada métrica)	21
Gráfico 6. Comportamiento del precio del cobalto durante el periodo de agosto 2018	
noviembre 2018	21
ÍNDICE DE ANEXOS	
Anexo 1. Carta Gantt	. 46
Anexo 2. Tipos de yacimientos en Chile con potencial por Cobalto	47
Anexo 3. Selección y descripción de Distritos de explotación histórica y/o	con
potencial para explotación de Co	51
Anexo 4 Fluio de Caia	62



1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Introducción

Desde años muy antiguos se conocían los minerales de cobalto y eran empleados por los vidrieros para la fabricación de vidrios azules. Ya los egipcios los emplearon para este objeto. El cobalto metálico fue obtenido por primera vez por Jorge Brondt en 1735 del mineral llamado cobalt.

Recientemente se ha notado un marcado interés dentro de la minería metálica chilena en extender sus actividades a yacimientos de minerales, que hasta la fecha no se han producido en el país o cuya explotación ha cesado en los últimos tiempos. El motivo por este interés no debe buscarse solo en una mayor demanda en el mercado por tales minerales, sino también en el anhelo muy justificado de aprovechar más las riquezas del subsuelo nacional.

El cobalto es, precisamente, uno de estos metales, habiéndose ya explotado en el país en un pasado no muy lejano. Los datos existentes respecto a los diversos yacimientos cobaltíferos chileno, salvo pocas excepciones, son muy limitados e incompletos. Los principales distritos de Chile son San Juan y Carrizalillo Alto en la Región de Atacama, Tambillos en la Región de Coquimbo, y un área en la III Región (La Cobaltera), donde el cobalto fue explotado hasta la década de 1940. Existen posibilidades adicionales para la producción de cobalto como subproducto.



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

 Evaluar la prefactibilidad técnica – económica de una planta de Cobalto en Chile.

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar la historia del cobalto en Chile.
- Indagar potenciales fuentes de cobalto en Chile.
- Realizar un estudio de mercado internacional y nacional del cobalto.
- Diseñar una planta de procesamiento de cobalto de manera eficiente para alcanzar la producción optima.
- Determinar la cantidad de personas que se requieren para procesar minerales de cobalto de manera segura y eficiente.
- Determinar el perfil del proyecto, en cuanto a la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto y los flujos de ingresos y egresos.
- Realizar una evaluación económica y calcular indicadores relevantes (VAN, TIR)
- Brindarles a los inversionistas la información real para que con elementos de juicio tomen decisiones acerca de la aprobación del proyecto.



1.3. Metodología

La metodología que se utilizará para el desarrollo del presente trabajo es la que en general se utiliza para evaluar proyectos. A continuación, se presenta una breve descripción de las etapas que son desarrolladas para cumplir con los objetivos planteados:

Para realizar el estudio de mercado, se investigó y estudió la situación del mercado nacional e internacional del cobalto (precios, consumo, comercialización, etc.). Para esto se recurrió a la información disponible en artículos publicados, datos de instituciones y a la Web. Además, se analizó las características del posible comprador de cobalto, que en este caso serían grandes marcas como Tesla, que lo necesita para mejorar el rendimiento de sus automóviles eléctricos, Apple, que lo usa para que dure más la batería de los iPhone, que produce masivamente en China, o cualquier marca de smartphone en general.

Para el estudio técnico del proyecto se recopiló información para conocer el producto, los procesos productivos y las características de los activos e insumos necesarios para la implementación de la planta y operación de esta.

1.4. Alcances

Se debe tener claro que ésta es una evaluación de proyecto, en su etapa de Prefactibilidad, y no un análisis técnico en profundidad, Es por esto que esta tesina sólo entregará un marco general sobre las técnicas y equipos necesarios para la obtención de cobalto, de donde se elegirá la tecnología y proceso que se estime conveniente



1.5. Descripción del Cobalto

El cobalto es un elemento de transición del Sistema Periódico (grupo VIII B), con número atómico 27 y peso atómico próximo a 58,94 g/mol. Su número de coordinación habitual es el 6, aunque admita otros valores. Comúnmente presenta estados de oxidación +3 y +2, aunque también +4 y +1 (este último sólo cuando se forman complejos nitroxilo o carbonilo).

El cobalto es un metal ferromagnético, de color blanco azulado. Su temperatura de Curie es de 1388 K. Normalmente se encuentra junto con níquel, y ambos suelen formar parte de los meteoritos de hierro.

El cobalto metálico está comúnmente constituido de una mezcla de dos formas alotrópicas con estructuras cristalinas hexagonales y cúbica centrada en las caras siendo la temperatura de transición entre ambas de 722 K.

Se emplea sobre todo en superlaciones de alto rendimiento, siendo éstas normalmente más caras que las de níquel. Es un metal eminentemente de aleación, al igual que el níquel o el zinc, por ejemplo. Dichos metales suelen agregarse a otros que actúan de base, aunque cuando el Cobalto actúa de base suele hacerlo en aleaciones con cromo. Su principal característica es su elevadísima dureza y resistencia al desgaste. Son aleaciones normalmente poco usadas ya que su virtud no compensa la gran cantidad que hay que abonar por ellas. El cobalto posee características muy similares a sus elementos vecinos, hierro y níquel, con los cuales comparte más rasgos que con los elementos de su propio grupo en la tabla periódica. Ni cobalto ni níquel suelen mezclarse con la plata ni el mercurio (siendo ambas raras excepciones) además de que comparten el efecto magnético del hierro. El cobalto es el metal más escaso de estos tres, es el menos rentable y también el más caro. Encuentra pocos usos en la industria en comparación a sus vecinos inmediatos. Se trata de uno de los pocos elementos químicos mono isotópicos.



El cobalto tiene poca resistencia química, aunque es más estable que el hierro ya que se mantiene en aire y agua siempre que no se encuentren otros elementos corrosivos en dichos medios.

Ilustración 1. Cobalto



Fuente: Cobalto, recuperado de https://www.eleconomista.es

Tabla 1. Propiedades Químicas del Cobalto

Número atómico
Peso atómico (g/mol)
Volumen atómico (cm³/mol)
Radio atómico (Å)
Radio covalente (Å)
Radio del ión Co *** (Å)
Radio del ión Co *** (Å)
Potencial de ionización (ev)
Configuración electrónica
Propiedades ácido/base
Abundancia isotópica relativa

27
58,9332
6,77
1,25
1,157
0,82
0,65
7,86
[Ar] 3d ⁷ 4s ²
Anfótero
Co ⁵⁹ (99,8 %); Co ⁵⁷ (0,2 %)

Fuente: J.A. Babor y J. Ibarz (1959).



1.6. Aplicaciones del Cobalto

Como se expresa en la siguiente tabla la mayor demanda mundial de cobalto se genera en el sector industrial dedicado a la fabricación de aleaciones, superaleaciones, carburos cementados y tratamiento de aceros. Según datos referidos al año 2000 Estados Unidos, país a la cabeza en el consumo de cobalto, destinó el 72,26% del mismo a los sectores mencionados, el 27,12% a industrias de química de base y sectores cerámicos, y el restante 0,72% a otros sectores.

Tabla 2. Porcentajes de consumo de cobalto por sectores de aplicación

(*)	SECTOR DE APLICACIÓN	MATERIA PRIMA	
26 %	Superaleaciones Ni/Co/Fe	Cobalto metal	
14,3 %	Herramientas de <i>metal duro</i> y diamante para corte, fresado o pulimentado	· ·	
7 %	Metal duro y otras aleaciones	Cobalto metal, polvo de cobalto, reciclados de aleaciones de cobalto	
9,8 %	Imanes cerámicos, cintas u otros soportes para grabación de sonido y vídeo		
12 %	Productos colorantes para vidrios, esmaltes, plásticos, cerámica, pinturas o tejidos	Óxido de cobalto y en menor medida con sulfato, hidróxido o carbonato de cobalto	
9,4 %	Adhesivos para gomas y neumáticos; jabones, secativos para pinturas; barnices, lacas, tintas, otros productos	Compuestos químicos de cobalto	
8,5 % Catálisis industrial			
	(4 %) Proceso Comox	Sales de cobalto (carbonato, sulfato, nitrato)	
	(1 %) Proceso Oxo	Sales de cobalto (carbonato, sulfato, nitrato)	
	(3,3 %) Producción de terileno	Acetato de cobalto	
	(0,2 %) Otros procesos	Cobalto metal, sales de cobalto	
7,5 %	Baterías o acumuladores eléctricos de tipo metal-hidruro (radio, telefonía celular o móvil, informática, automoción, industria aerospacial)		
5 %	Baños electrolíticos, ánodos de cobalto, cobaltado superficial de cobre o acero	1	

Fuente: Monografías sobre recursos minerales de Cobalto en España



1.6.1 Sustitución - Alternativas

Dado las propiedades únicas que posee el Cobalto resulta difícil de sustituir, la mayoría de los cambios implican una reducción del rendimiento. En los imanes se pueden substituir el Cobalto por el bario; en las pinturas por el cerio, el hierro, el manganeso o el vanadio; en los motores o como catalizador en la industria petroquímica por el níquel o las aleaciones base níquel; y finalmente se puede substituir el Cobalto de las baterías de ion Litio por la combinación de hierro-fósforo-manganeso o bien por otras combinaciones en que la porción de Cobalto es menor, níquel-Cobalto-Aluminio o níquel-Cobalto-manganeso.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. La historia de Cobalto en Chile

Los comienzos de la minería de Cobalto en Chile datan desde la primera mitad del siglo XIX y terminan alrededor del año 1942. El boom de la producción de este mineral se desarrolló entre 1844 y 1906, correspondiendo principalmente a los distritos de San Juan (Freirina, Provincia de Atacama) y de Tambillos (mina Buitre y Minillas, Provincia de Coquimbo).

A principios del siglo XX, debido a la importante explotación de Cobalto y Plata en Canadá, provocó una baja en el precio de estos minerales, haciendo no rentable la explotación de Cobalto en nuestro país; sin embargo, entre los años 1924 y 1928 existe una reincorporación de la minería de Cobalto en Chile, debido a la aplicación de éste en la industria del acero, pero fue gracias al inicio de la Segunda Guerra mundial donde hubo un alza de los niveles de producción de este mineral en el país, hasta fines de 1941; siendo este año, donde gobernó la producción de minerales de Cobalto de baja ley (1 %), esto debido a las favorables tarifas de compra establecidas por firmas japonesas.



A continuación, en la tabla del cuadro que se encuentra en Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile, las producciones registradas de Cobalto en Chile son:

Tabla 3. Producción registrada de Cobalto en Chile

Años	Toneladas	Ley Cobalto %	Cobalto fino Kg
1844 – 1902	5.941,4	-	-
1903	285,0	7,15	20.376
1904	125,0	6,00	7.500
1905	28,6	6,83	1.954
1906	3,2	6,00	189
1924	34,6	6,00	2.075
1926	6,4	15,00	960
1927	3,0	15,75	471
1928	10,5	15,81	1.667
1938	8,0	9,05	724
1939	27,9	11,10	3.110
1941	-	-	2.847
1942	-	-	130
1943	-	-	2.890
1944	-	-	5.070
1945	-		1.404

Fuente: Ruiz, C [1965], Geología y Yacimientos Metalíferos en Chile [cuadro]. p.290.

De lo investigado por Ruiz. C los primeros yacimientos productores fueron las minas de Tambillo en Coquimbo y probablemente también la de los Valles del Volcán y Maipo en la Provincia de Santiago.

En los años 1865 y 1875 se iniciaron las primeras explotaciones de Cobalto en el distrito de San Juan en la Provincia de Copiapó, respectivamente. Los yacimientos de Cobalto de mayor importancia en Chile se encuentran en la región de Atacama y Coquimbo. Se puede encontrar el mineral, en parte, en yacimientos exclusivamente de Cobalto o en yacimientos de Cobre y Plata como subproducto, además este elemento presenta una especial afinidad por los yacimientos cupríferos (Ruiz, 1965).



2.2. Cobalto a nivel mundial

En el siguiente punto se darán a conocer los factores que tienen al Cobalto como unos de los minerales más cotizados en el mundo, es por ellos que se mencionará: recursos y reservas, producción, precios, comercialización, etc.

2.2.1 Reservas y recursos

La cantidad de recursos que se estiman en el mundo en cuanto a Cobalto son 150 Mt, siendo el 75 % recursos marinos y tan solo 37 Mt en depósitos terrestres, que equivalen al 25 % del recurso total. A pesar de la cantidad de recursos marinos que existen, no es económicamente viable debido a la falta de tecnología y a la economía actual.

Es extraño encontrar Cobalto en concentraciones económicamente explotables, es por ellos que este mineral generalmente se explota como subproducto o coproducto en yacimientos de metales como Cu o Ni. La explotación de los depósitos de Cu-Co del cinturón de Cobre de África Central, los depósitos de lateritas de Níquel (Australia y Nueva Caledonia), y los depósitos magmáticos de Sulfuro de Níquel (Sudbury, Canadá y Norilsk, Siberia), constituyen un 94% de la producción mundial de Cobalto. Se estima que el 60% de las reservas mundiales se encuentran en territorio de la República Democrática del Congo, siendo la minería artesanal la actividad más importante de dicho país.

A pesar del alto porcentaje de reservas, su inestabilidad política, económica y las condiciones de trabajo poco éticas, son fuentes de constante preocupación para los consumidores de este mineral.

Sólo un 6% de la producción mundial de cobalto como principal producto es realizado en las minas de Marruecos.

Según la información recopilada de THEMARKETPULSE el Cobalto para ser explotado debe estar en el rango entre 0,10 a 0,15 ley Co. En los yacimientos de Mineral de hierro actualmente en explotación que tienen asociado cobalto es muy



probable que el contenido de cobalto en los relaves se encuentre en el rango de leyes económicamente explotables, ya que al retirar en el proceso un contenido de Fe magnético de leyes de 30 a 40 % como especie principal se produce en forma natural una concentración importante. Otro aspecto que destacar es que dichos relaves tienen ya incorporado el costo Mina, Manejo y Transporte a Planta, Chancado y Molienda, ofreciendo de este modo un subsidio importante al costo de producción de los subproductos, lo que aporta una ventaja competitiva importante en términos de costos. En el siguiente gráfico se puede apreciar los principales países y sus reservas de Cobalto.

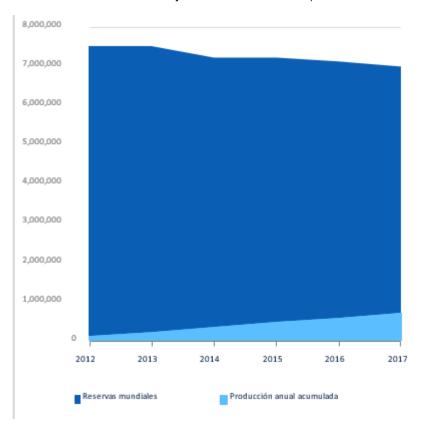


Gráfico 1. Producción y reservas de Cobalto (toneladas métricas)

Fuente: Informe sobre el cobalto 2012-2018 de BBVA Research y del USGS



3,500,000
2,500,000
1,500,000
1,000,000
500,000
Solve donia

Gráfico 2. Reservas de Cobalto por país (toneladas métricas)

Fuente: Informe sobre el cobalto 2012-2018 de BBVA Research y del USGS

2.2.2 Demanda del cobalto

Si bien el crecimiento de la demanda de la mayoría de los metales se ha estancado en los últimos años, el uso de baterías de iones de litio en el mercado de vehículos eléctricos se ha convertido en el motor de crecimiento más importante para la demanda de cobalto. El litio y el cobalto son componentes básicos de las baterías de iones de litio que alimentan teléfonos celulares, computadoras y Vehículos eléctricos (VE). La proporción de cobalto utilizado en la fabricación de vehículos eléctricos pasó de 1% en 2014 al 8%, y podría alcanzar el 49% para 2030. A continuación, se muestra en el gráfico la demanda del metal ante el aumento de las baterías de litio-ion.



La demanda de metal se dispara ante el aumento de las baterías de iones de litio utilizadas en los vehículos eléctricos.

La demanda de cobalto de las baterías de iones de litio

100
90
80
70
60
60
40
30
20
10
0
2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030

Gráfico 3. Demanda de cobalto de las baterías de iones de litio

Fuente: Bloomberg New Energy Finance

2.2.3 Países productores

La producción mundial de cobalto está concentrada en dos países: la República Democrática del Congo, sumida en un profundo marasmo político, y China, que es el principal productor mundial de cobalto refinado (60%) siendo gran parte de su materia prima importado desde el Congo (Kinshasa) y Chatarra de cobalto. China a su vez, fue el principal consumidor mundial de cobalto, con casi el 80%, equivalente a las 98.500 toneladas anuales, siendo utilizado por la industria de baterías recargables. Aunque es el mayor productor de cobalto refinado con 74.000 toneladas debe importar 24.500 toneladas para cubrir su demanda.



70,000 60,000 50.000 40,000 30,000 20,000 10,000 0 Congo Otros Rusia Australia Canadá Cuba Zambia Nueva Caledonia ■ 2012 ■ 2013 ■ 2014 ■ 2015 ■ 2016 ■ 2017

Gráfico 4. Producción mundial de Cobalto (toneladas métricas)

Fuente: Informe sobre el Cobalto 2012-2018 de BBVA Research y del USGS

2.2.4 Precio del Cobalto

El crecimiento del cobalto es una de la última tendencia en los mercados de productos básicos, como lo demuestra sus precios desde 2016. En la Bolsa de Metales de Londres (LME), el precio al contado promedio del cobalto pasó de 22.813 USD por tonelada métrica en el 1T16 a 87.352 USD por tonelada métrica en el 2T18, lo que supuso un aumento del 282 %. El precio promedio ponderado de las acciones de las principales empresas mineras públicas de cobalto aumentó un 85 % en el mismo periodo. Hoy en día el precio del cobalto ha disminuido debido a la poca demanda de este metal, manteniéndose en 55.250 USD la tonelada métrica.

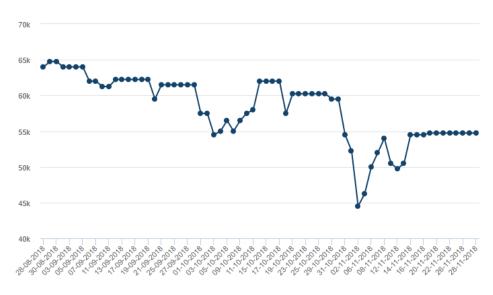


Gráfico 5. Precio al contado de cobalto en la LME (USD por tonelada métrica)



Fuente: BBVA Research y Bloomberg

Gráfico 6. Comportamiento del precio del cobalto durante el periodo de agosto 2018 – noviembre 2018



Fuente: London Metal Exchange Cobalt



2.3 Análisis FODA

La matriz de análisis foda, es una conocida herramienta estratégica de análisis de la situación de la empresa. El principal objetivo de aplicar la matriz foda en una organización, es ofrecer un claro diagnóstico para poder tomar las decisiones estratégicas oportunas y mejorar en el futuro. La matriz de análisis foda permite identificar tanto las oportunidades como las amenazas que presentan nuestro mercado, y las fortalezas y debilidades que muestra nuestra empresa.

Tabla 4. Análisis Foda

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	
 Mineral de calidad Alto retorno sobre la inversión Ley de mineral favorable Disponible como producto primario, subproducto o desde relaves. 	 Empresas dispuestas a invertir en la explotación de Cobalto Alta demanda del mineral Precio competitivo del Cobalto Cuerpo mineralizado cercano Uso de nuevas tecnologías para simplificar el proceso. 	
DEBILIDADES	AMENAZAS	
 Falta de experiencia en el procesamiento del Cobalto Alto costo de Operación Profesionales sin conocimiento en el tema 	 Dependencia del mercado mundial Variabilidad en el precio internacional Potenciales conflictos con comunidades aledañas 	



2.4 Carta Gantt

La Carta Gantt es una herramienta de planificación de proyectos donde se representan las diferentes tareas con sus tiempos y personas responsables, permite plasmar el plan de acción, ordenar las actividades definiendo el tiempo que tomará cada una.

De acuerdo a nuestros antecedentes y estudios realizados, una vez aprobado el estudio de prefactibilidad se sugiere realizar un estudio de factibilidad, el cual no está considerado en la presente Carta Gantt, sin embargo se estima que este estudio puede tener una duración de tres años aproximadamente. (Ver Anexo 1)

3. ESTUDIO TÉCNICO

En esta sección se analizó la prefactibilidad técnica del proyecto, en donde se determinó una planta de sulfato de cobalto, con una producción aproximada 24,873 ton anuales y/o 5,76 ton de mineral por día, donde está previsto que funcione a partir del año 2019 hasta **2029**, planta que utilizara procesos convencionales del proceso hidrometalúrgico, agregando una cristalización al final del proceso. Para producir aproximadamente 24,873 ton por año de sulfato de Cobalto, el cual contendrá minerales propios de un yacimiento IOCG. Además, se implementa o diseña una instalación de desecho que consiste, en el almacenamiento permanente de la roca de desecho de la mina como ripios de lixiviación.

3.1 Descripción del Proyecto

3.1.1 Ubicación de la planta

La planta se ubicará, en la región de Atacama, en el Distrito San Juan, 4 km al sur de la Fraguita, donde se encuentra un complejo minero bien grande "La Cobaltera", la cual ya en el estudio de mercado de esta tesis, se dijo que fue una planta procesadora de cobalto en el siglo XX. (Ver Anexo N°1)



Ilustración 2. La Cobaltera, Distrito San Juan



Fuente: Griem. W. [2006], La Cobaltera, recuperado de www.geovirtual2.cl

La ubicación de la planta de procesamiento de cobalto se determinó sobre la base de diferentes criterios como:

- Proporcionar un ambiente de trabajo seguro.
- Minimizar el impacto ambiental.
- Minimizar la cantidad de movimiento de tierras requerido.
- Minimizar las distancias de mineral y de desperdicio desde el rajo abierto.

De esta forma se propone un eventual diseño del sitio del proyecto con el orden de la disposición territorial de las instalaciones requeridas.



COCINETOSAL FACILITY

SERVICE TO SERVICE TO

Ilustración 3. Diseño de Planta

La planta se construirá en tres cuartas partes de tierra aproximadamente 194 ha. La infraestructura, incluyendo los edificios del sitio, los estanques de almacenamiento y el área de almacenamiento de ripios, ocuparán un área de aproximadamente 32 hectáreas, lo que permite una zona de amortiguamiento de aproximadamente 161 ha.

El sitio está en proximidad a:

- Un grupo de trabajo técnicamente competente.
- Acceso a redes de transporte.
- Conectividad a las empresas de energía.

La ubicación satisface todas las necesidades de una instalación de procesamiento metalúrgico



3.1.2 Tamaño de la planta

El tamaño de la planta será de 5,76 toneladas diarias de sulfato de cobalto, con un horizonte de 10 años. El tonelaje elegido emergió de acuerdo con los antecedentes del Estudio de Mercado de la presente Tesina.

El tiempo de operación de la Planta, está relacionado con el objetivo de aminorar las variaciones del precio del cobalto, ya que el ruido de búsqueda de un nuevo sustituto de este elemento se hace más real a medida que avanza el tiempo.

3.1.3 Abastecimiento de mineral

Para el análisis de costos de operación se tomaron en cuenta tres posibles opciones de abastecimiento de rocas con porcentaje de cobalto, las cuales se dan a conocer a continuación:

- Abastecimiento desde Distrito San Juan: se pretende que todo el mineral que se requiera para alcanzar la meta de producción será obtenido del Distrito San Juan.
- Abastecimiento con Poder de Compra: se pretende que todo el mineral que se requiera para alcanzar la meta de producción será obtenido por la compra de minerales de cobalto.
- Abastecimiento Mixto: se pretende que todo el mineral que se requiera para alcanzar la meta de producción será obtenido a través de la extracción de mineral desde el Distrito San Juan y el resto será adquirido mediante Poder de Compra.



3.1.4 Descripción del proceso productivo

La planta de procesamiento de Cobalto está diseñada para el tratamiento de un mineral de Cu, Fe y Co de los depósitos del Distrito San Juan. La planta de procesamiento en el sitio del proyecto producirá, en promedio, 24,874 t/a de sulfato de Co a granel que contiene un promedio de 0,50 %. Las instalaciones de procesamiento de minerales en el sitio se subdividen de la siguiente manera:

- Recepción de mineral.
- Chancado
- Acopio
- Aglomeración
- Lixiviación
- Abatimiento filtración
- Extracción por solvente
- Cristalización filtración
- Producto final.

a. Recepción del mineral

El mineral de ejecución (ROM) se entregará en camiones de acarreo desde las minas. El mineral se descargará en la almohadilla receptora de mineral para una mezcla adicional o se preparará para alimentar la trituradora primaria con un cargador frontal. La trituradora también se diseñará para que los camiones puedan volcar directamente en la tolva de alimentación. Durante los períodos en que la fosa a cielo abierto produce mineral en exceso de la capacidad de la planta de procesamiento, el mineral sobrante se almacenará y procesará posteriormente.



b. Chancado primario

La granulometría de operación es 100% -1", estas granulometrías son factibles de obtener con una etapa de chancado primario y una de chancado secundario, teniendo cuidado de mantener una adecuada relación de mineral fino -100#.

c. Curado y Carguío de la pila

La etapa de Curado y aglomeración se realiza utilizando un tambor de aglomeración donde se adiciona mineral, agua y ácido. Con el objetivo de humectar y aglomerar las partículas de mineral. Una vez el mineral aglomerada, este se carga sobre la carpeta para la conformación de las pilas. La carga del mineral a la pila se realiza mediante el uso de camiones de volteo o cargador frontal.

d. Lixiviación del mineral en pila

La lixiviación se realiza en una cancha impermeabilizada con polietileno de alta densidad, instalada de tal modo que resista movimientos de maquinaria pesada sobre ella, como cargador frontal para la descarga del mineral y eventualmente en la carga.

La planta de lixiviación constará con estanques de almacenamientos de soluciones, estaciones de bombeo, y sistema de irrigación de las pilas. Estos últimos pueden ser goteros o aspersores la elección de uno de ellos depende de factores como disponibilidad de agua y factores climáticos de la zona de ubicación de la planta de procesamiento. Una vez dispuesto el mineral aglomerado y curado en la cancha de lixiviación, se procede a completar la etapa de lixiviación química que se inició con el agregado de ácido en el curado por tiempos estimados que varían entre los 60 a 90 días, dependiendo de las características propias de los minerales de la zona.



e. Descarga de la pila

Una vez agotado el mineral, se procede a descargar el mineral, con cargador frontal y así dejar disponible la carpeta de lixiviación para cargar nuevamente mineral fresco.

El ripio agotado se traslada a un botadero definitivo en lo posible impermeabilizado con arcillas y/o material alcalino, el cual se hace cada vez más impermeable con la precipitación de algunas especies de fierro y otras sales. Con esto se evita la contaminación del medio ambiente.

Etapa de abatimiento de arsénico: En esta etapa se reducen las concentraciones de arsénico por medio de precipitación con hidróxido de sodio o cal como solución.

Consta de un reactor provisto de calefacción, un sistema de decantación y sistema de filtración de los sólidos generados en el proceso. La solución tratada será enviada a la etapa de extracción por solventes.

f. Etapa de extracción por solvente

Las soluciones ricas en cobalto proveniente de la lixiviación deben ser tratadas por medio de extracción por solvente, en una planta de aprox. 8L/min, para extraer en forma selectiva el cobalto desde las soluciones y posteriormente reextraerlo del orgánico cargado, produciéndose soluciones con alto contenido de cobalto (electrolito rico), las que alimentarán la planta de cristalización para producir sulfato de Cobalto.



g. Etapa de cristalización.

La etapa de cristalización cerrará el circuito del proceso, ya que tomará el electrolito rico generado y lo someterá a un proceso de cristalización, donde por un sistema de filtración se cosecharán los cristales formados. Estos se secarán de forma solar, y posteriormente serán ensacados para su almacenamiento y distribución.

La solución pobre, se enviará nuevamente al proceso de extracción por solvente.



A continuación, se muestra el diagrama de proceso productivo explicado anteriormente:

Mineral CHANCADO ACOPIO Acido sulfúrico AGLOMERACION Agua LIXIVIACION Solución de lixiviación ABATIMIENTO Cal Impurezas FILTRACION precipitadas Extractante EXTRACCION Solvente POR SOLVENTES Hidróxido de sodio Electrolito descargado CRISTALIZACION FILTRACION Sulfato de cobalto

Ilustración 4. Diagrama de Flujo



3.1.5 Servicios de la planta

A continuación, se describen los servicios que necesita la planta para funcionar:

a. Agua dulce

El suministro de agua dulce para el concentrador de la faena y la planta de tratamiento de agua potable será de el mismo distrito. El tanque de agua dulce estará ubicado cerca del concentrador y tiene una capacidad de diseño de 70 m³. El agua dulce se distribuirá desde el tanque y se utilizará para las siguientes aplicaciones:

- Distribución de agua de la manguera.
- Distribución de agua glandular.
- Incinerador de tratamientos de aguas
- Preparación de reactivos
- Agua potable.

El agua dulce se bombeará a un paquete de caldera para generar agua caliente para usos generales en la planta, se tiene una caldera en la planta. El calor del edificio será suministrado por calentadores de propano en algunos lugares, y por los sistemas hidrónicos de calderas de propano para el campamento y los edificios de oficinas. La carga eléctrica adicional de aproximadamente 7 MW será revisada por la empresa de servicio.

El agua dulce para hacer agua potable se tratará primero en una planta de tratamiento de agua potable de 2,9 m³ / h, antes de ser almacenada en el tanque de suministro de agua potable.

El agua del tanque de agua dulce se bombeará a un filtro de cartucho de agua de glándula para eliminar los finos sólidos arrastrados. El agua filtrada se bombeará a todos los usuarios del agua. El requerimiento de agua de la



manguera en el lugar se suministrará directamente desde el tanque de agua dulce a las estaciones de manguera individuales.

b. Sistema de poder y energía

Se tiene una subestación de 15 MVA ubicada en el sitio de la mina. La energía de respaldo será suministrada por una planta generadora de Diésel de 2 MW, que proporcionará energía de reserva para las funciones críticas del sitio, en caso de interrupción del suministro de la red. La subestación eléctrica se ubicará en el lado noreste de los edificios de proceso, con el interruptor de voltaje medio de 5 kV ubicado entre la subestación y el edificio de proceso. La demanda de energía estimada para el Proyecto es de aproximadamente 10 MW, con una carga de funcionamiento estimada en 6,9 MW y un consumo anual de energía de aproximadamente 60,000 MWh.

c. Almacenamiento y distribución de combustible

Se vinculará en un área con bermas para servir como la instalación de almacenamiento de combustible. Un colector facilitará la distribución de diésel desde la alimentación del tanque de suministro a una estación de llenado para el combustible de camiones.

3.1.6 Infraestructura Administrativa

El edificio administrativo, de laboratorio y de almacén de dos pisos será de acero estructural con un techo de metal preacabado y paneles de pared aislados. El diseño será acabado con ventanas para oficinas en piso superior. El edificio administrativo será la primera estructura en el acceso por carretera, con el estacionamiento principal adyacente. El espacio exterior adicional proporcionará las necesidades de almacenamiento en un área cercada, con alfombras de tela para el almacenamiento a corto plazo y una superficie de grava durante períodos más largos.



4. ESTUDIO ECONÓMICO

En el presente tópico se proporciona un resumen del costo de capital inicial estimado para el proyecto de la plana. Para el alcance de la estimación incluyen los costos de capital y de operación. Se considera que el rango de precisión del costo de capital es más o menos 50 %. Aproximadamente el 10% de la ingeniería estaba realizada durante el siglo XX.

De las estadísticas de reservas de Cobalto, se conoce que estas serían del orden de 60.000 Ton de Cobalto con una ley promedio de 0,5%, esto implica un potencial de 12.000.000 ton de mineral a procesar. Dado que los yacimientos serian de poco tonelaje se ha definido evaluar una planta de tratamiento de 5,76tpd de mineral, para el caso de la evaluación del proyecto se utilizará una ley de 0,50% de cobalto.

La cantidad de producción de cobalto como sulfato se resume en la tabla siguiente, basado en la ley promedio del mineral de 0,50% y una recuperación estimada de 50% de Cobalto.

Tabla 5. Resumen de producción de sulfato de cobalto

PRODUCCIÓN (TPD)	MINERAL A PROCESAR (TPA)	LEY MEDIA %	RECUPERACIÓN ESTIMADA %	PRODUCCIÓN SULFATO DE COBALTO (TPA)
5,76	2.074	0,50	50,0	24,843



Como producto se considera obtener sulfato de cobalto, cuyo precio se ha mantenido estable en los últimos años, según lo reportado por el benchmarkminerals, en 13870 US\$/ton.

La tabla siguiente muestra los valores de la producción de Cobalto de nuestra planta de procesos

Tabla 6. Producción de sulfato de cobalto

Producción de cobalto (tpa como sulfato)		Precio sulfato de cobalto us\$/ton	Valor de la producción us\$/año
24.8	343	13.870	344.572.410

Fuente: Elaboración propia

4.1 Generación de costos operacionales

Una planta de 5,76tpd de lixiviación en pila de minerales de acuerdo a estándares requiere de turnos de operación discontinuos, de 8 horas trabajadas en régimen 5x2.

Tabla 7. Costo de recurso humano por cantidad de sulfato de cobalto producido

Etapa	N° de personas	Precio unitario us\$/kg	Costo us\$/kg sulfato
Chancado, acopio,	1	0,23	0,23
aglomerado y carga	ľ	0,23	0,23
Lixiviación, Sx,	2	0,29	0,58
cristalización	2	0,29	0,50
Mantención	1	0,35	0,35
Supervisión	1	0,63	0,63
Transporte,	1	0,29	0,29
administración y otros	l	0,29	0,29
Total	6		2,08



Tabla 8. Costo por consumos por insumos por cantidad de sulfato de cobalto producido

INSUMOS	CONSUMO POR KG DE SULFATO	COSTO UNITARIO	COSTO US\$/KG SULFATO
Ácido Sulfúrico	7,18 kg	0,046 US\$/kg	0,33
Hidróxido de			
Calcio	1,51 kg	1,56 US\$/kg	2,35
Cal	1,67 kg	0,56 US\$/kg	0,93
Extractarte	0,14 L	15,0 US\$/L	2,1
Solvente	0,33 L	0,90 US\$/L	0,02
Petróleo	0,82 L	1,0 US\$/L	0,82
Agua	0,46 m3	1,0 US\$/m3	0,46
TOTAL			7,01



La inversión estimada, según costos homologables a una planta de lixiviación, serían los siguientes:

Tabla 9. Inversión necesaria para la construcción de la planta de procesos

Inversiones fijas	US\$
Chancado y/o	
preparación	
mecánica	17.000
Aglomeración	9.000
Lixiviación	18.000
Planta de SX	45.000
Planta de	
Cristalización	15.000
Servicios	34.000
Subtotal	138.000
Infraestructura y	
montaje (30% Inv.)	41.400
Estudo Ingenieria	
(15% Inv.)	20.700
Total	200.100

Fuente: Elaboración propia



En definitiva, los costos de operación, donde se incluye recurso humano y costo por insumas, es el siguiente:

Tabla 10. Costos de operación de la planta de procesos, por cantidad de sulfato de cobalto producido

COSTOS DE	US\$/KG
OPERACIÓN	SULFATO
Compra mineral	0,83
Chancado y/o prepa	0,09
Lixiviación	0,79
Extracción por	
solvente	5,40
Cristalización	0,82
Gastos generales	2,08
Total	10,01

Fuente: Elaboración propia

4.2 Ingresos por venta (US\$/ Kg sulfato)

Producto: Sulfato de Cobalto

Precio: 6,29 US\$/Lb

- Ingreso (US\$/Ton) = ley% x Tonelaje mineral x Recuperación x factor(sulfato/co) x precio
- Ingreso = (0,50/100) x 172,8 ton x (50 / 100) x (1000 kg/ton x 2,205Lb/kg)
 x 4,77 x 6, 29 US\$/Lb
- INGRESO = 28.579,9US\$
- INGRESO = 13,80 US\$/kg sulfato



4.3 Resumen de parámetros de operación.

Beneficio Mineral 5,76 ton / día

Operación
 10 años, 360 días año

Producción de sulfato Año
 24.843 ton / año

Inversión 200.100 US\$

Depreciación Lineal a 10 años

Costos de Operación
 10,01 US\$/Kg sulfato

Precio del sulfato de Cobalto
 6, 29 US\$/Lb

• Impuesto sobre la Utilidad 1.5

Bruta

Finalmente, después de realizar el flujo de caja con las consideraciones anteriores, el cual se muestra en Anexo 3, tenemos como resultado que para 10 años de operación los siguientes:

Tabla 11. Valores de VAN y TIR

		\$
VAN	10%	303.312
TIR		37%

Fuente: Elaboración propia

El valor de la tasa interna de retorno (TIR) de un 37 %, nos indica que el proyecto es económicamente atractivo para ser desarrollado a una escala de factibilidad.

El valor actualizado neto (VAN) con US\$303.312 nos indicaría que los costos deberían ser disminuidos, por lo que se tendrían que realizar pruebas para definir mejor los consumos de reactivos y/o etapas necesarias alternativas al proceso propuesto.



4.4 Análisis de Sensibilidad

El análisis de las inversiones y los costos asociados, junto a los ingresos a obtener por concepto de ventas, permiten armar los flujos de caja considerados para este estudio. Cabe mencionar. Los cuatro flujos de caja desarrollados, se realizaron con el fin de analizar la variabilidad del proyecto en base a diferentes leyes del Cobalto soluble. Las cuatro leyes para este análisis son apreciables en la Tabla 12.

Tabla 12. Leyes establecidas para análisis sensibilidad.

Ley Considerada	Valor
Ley A	0.6
Ley B	0.5
Ley C	0.4
Ley D	0.3

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los flujos de caja obtenidos, se presentan a continuación los análisis de sensibilidad en la tabla X.1, para una tasa de descuento establecida del 10 %, de acuerdo al alto riesgo de emprender proyectos de esta envergadura, con una alta inversión inicial y con un riesgo tecnológico asociado al tipo de proceso, insumos e industria (minera) a la cual se desea ingresar.

Tabla 13. Análisis de sensibilidad para las 4 leyes

Análisis de Sensibilidad, Variable Ley										
Ley	0,6 0,5 0,4 0,3									
Van (10%)	\$ 687.716	\$ 307.665	-\$ 452.435	-\$ 832.485						
TIR (%)	67	38	X	X						

Fuente: Elaboración propia



Como se puede apreciar, en el análisis desarrollado en base a la ley A (0.6) y ley B (0,5), el proyecto presenta una viabilidad positiva, según el cálculo de VAN A (\$685.716) y VAN B (\$307.665), respaldada por una TIR mayor a la tasa de descuento considerada para este proyecto, es posible recuperar la inversión en un plazo menor a los tres años iniciados su operación. De acuerdo a ello, los análisis realizados en base a la ley C y ley D, se descartan inmediatamente ya que los resultados obtenidos mediante el análisis de sensibilidad son más que concluyentes. El VAN para la ley C y ley D, así como la TIR otorgan números negativos.



5. CONCLUSIONES

En base al objetivo general planteado al comienzo de este proyecto, el presente trabajo entrega y presenta las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los antecedentes revisados en el estudio de mercado y estudio técnico, los principales factores que podrían influir directamente en la evaluación de la planta son:

- El precio del Sulfato de Cobalto
- Extractante
- Extracción por solvente
- Falta de estudios.

En cuanto al precio del sulfato de cobalto, se estimará que el precio promedio hacia el 2029 será de 6.29 US\$/libra, poniendo en riesgo la recuperación de la inversión en un corto plazo (2 a 3 años).

El extractante, será un insumo que influirá mucho en los costos de producción, debido al elevado valor que presenta este insumo. lo que implica un costo alto en el proceso de extracción por solvente.

La falta de estudios actuales, hacen imposible un diseño con un porcentaje de incertidumbre bajo, debido a que las suposiciones se basan en estudios realizados desde el siglo XX, cuando "La Cobertera", estaba activa, sin embargo, se debe tener en cuenta puede existir un cambio con los años de este mineral por diversas condiciones climáticas, geológicas, naturales etc.

En cuanto a los procesos de la planta, estos se encontrarían en regla y apegados a las normas establecidas por SERNAGEOMIN, ya que se contará con un buen manejo de minerales, ripios, soluciones acuosas acidas y orgánicos.



Es de vital importancia, realizar ensayos metalúrgicos de rigor con el fin de establecer de manera adecuada y certera, los valores de recuperación de cada proceso, tasa de producción, con el fin de afinar el monto de inversión y costos de producción.

En lo que respecta a la Inversión de la Planta 5M, es un valor que pude ser mejorado, ya que hay equipos, insumos de construcción que pueden ser encontrados a menor precio. En lo que respecta a equipos, se pueden conseguir equipos en remates mineros o equipos de segunda mano que aún siguen presentado un buen comportamiento operacional.

6. RECOMENDACIONES

Para mejorar el actual proceso y obtener un mejor valor agregado a la planta de procesamiento de cobalto se presentan las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda realizar pruebas de electrodepositacion para obtener cátodos de cobalto, a nivel de laboratorio y nivel de pilotaje, de manera de apreciar la factibilidad técnica – económica de este proceso en particular, con lo cual se podrían mejorar las ganancias por el mayor precio del producto en el mercado.
- Se recomienda en caso de realizar el proyecto en otro país, evaluar factores como geología, mineralogía, leyes ambientales, etc. Ya que modificaría diversas etapas del proceso y podría variar la toma de decisiones.
- Se recomienda estudiar y evaluar la prefactibilidad de aumentar el tamaño de la planta.
- Realizar nuevos estudios geológicos para reducir incertidumbres con respecto a leyes, mineralización, etc



7. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, L.; Egert, E. 1965. Cuadrángulo Marquesa. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, No. 15, 92 p., 1 mapa escala 1:50.000. Santiago.

Aguirre, L., Mehech, S., 1964. Stratigraphy and mineralogy of the manganese sedimentary deposits of Coquimbo province, Chile. Apartado. Economic Geology, Vol. 59, p. 428-442. Lancaster, Pa., E.E.U.U.

Aguirre, L. 1970. Cuadrángulo Lambert. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, No. 23, 14 p., 1 mapa escala 1:50.000. Santiago

Barra, F., Reich, M., Selby, D., Rojas, P., Simon, A., Salazar, E., and Palma, G., 2017. Unraveling the origin of the Andean IOCG clan: A Re-Os isotope approach. Ore Geology Reviews, 81, 62-78.

Biese, W., 1950. Informe sobre el yacimiento de manganeso "El Romero". (Inédito). Caja de Crédito Minero, 41 p. 1 mapa escala 1:10.000 (*).

British geological survey .2009. Cobalt. Mineral UK. Centre for sustainable mineral development.

Emparán, C.; Pineda, G. 2000. Area La Serena-La Higuera. Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos, No 18, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.

Emparán, C.; Pineda, G. 2000. Area La Serena-La Higuera. Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos, No 18, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.

Caraballo, M., Townley, B., González, E., Riquelme, B., 2017. Elementos de interés económico en relaves Chilenos: Estado del Arte. Informe Corfo, P1, Programas Tecnológicos, Valorización de Relaves. 175 pp.

Cruzat, A. 1968. Monografía sobre los yacimientos de cobalto chilenos (Inédito). Corporación de Fomento de la Producción-Instituto de Investigaciones Geológicas- Naciones Unidas, 30 p.



D'Aubarede, G. 1969. Evaluación de los conocimientos existentes sobre Cobalto, Manganeso, Mercurio. PNUD/CORFO/IIRN. Santiago.

Díaz, A.; Lacassie, J.P.; Vivallo, W. 2010. Yacimientos Metalíferos del área Andacollo- Puerto Aldea, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Recursos Minerales y Energéticos, N° 31, 28 p., 1 mapa escala 1:100.000.



Obras civiles Marcha blanca Puesta en marcha

FACTIBILIDAD E IMPLEMENTACION PPC

8. ANEXOS

Anexo 1. Carta Gantt

ANO1 ANO 2 ANO 3 M8 M9 M10 M11 M12 M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10 M11 M12 M1 M2 M3 M4 M5 M6 ESTUDIO DEL PROYECTO Definición de objetivos Planificación Estudio de mercado Estudio técnico Descripción del proceso Ubicación y tamaño de la planta Generación de propuesta tecnico económica PROPUESTA TECNICO ECONOMICA PREFACTIBILIDAD PROCESAMIENTO PLANTA COBALTO Ingeniería Básica Licitación Adjudicación Desarrollo de Ing básica Desarrollo de prefactibilidad Procesos Obras civiles Energía Obra de ingeniería Procesos Energía Suminis tros Equipos principales Costos



Anexo 2. Tipos de yacimientos en Chile con potencial por Cobalto

Yacimientos de potencial mena primaria por Cobalto

De acuerdo a la literatura y registros históricos en Chile, si bien se han explotado yacimientos con mena primaria por cobalto, estos corresponden a distritos muy acotados en los cuales se describe la ocurrencia y explotación pasada de cobalto junto con cobre. Entre estos se encuentran yacimientos del distrito San Juan y Carrizal Alto, estos en las cercanías de la ciudad de Huasco, región de Atacama. En estos distritos la mineralización se presenta en sistemas de vetas de cuarzo, la mineralización de cobalto principalmente en forma de sulfosales (cobaltita), con un horizonte superior oxidado, con ocurrencias de eritrina (arsenato de cobalto). Los cuerpos de vetas se encuentran hospedados en rocas metamórficas de edad Paleozoico a Triásico y en rocas intrusivas del batolito costero. Las actividades de explotación de cobalto en este distrito han estado largamente cerradas, la faena histórica más relevante, La Cobaltera, solamente un atractivo turístico por sus ruinas. Cabe destacar que en los entornos del distrito existe aún actividad minera de pequeña minería, la que explota mineral oxidado de cobre, material que se envía a la planta de beneficios de ENAMI en Vallenar. Más al sur, en la región de Coquimbo, otro importante productor histórico de cobalto fueron los yacimientos de cobre y cobalto del distrito Tambillos - Minillas. En este distrito ocurren cuerpos de vetas, menores brechas y cuerpos mantiformes con mineralización de sulfuros de cobre y sulfosales de cobalto (cobaltita). En niveles oxidados superiores predomina mineralización secundaria de cobre, con solamente escasas ocurrencias de eritrina. En Tambillos existe actual explotación, pero centrada en cobre como mena principal, sin información respecto de recuperación de cobalto. Dada la explotación actual y pasada orientada a la recuperación de cobre, es de potencial interés evaluar la ocurrencia de cobalto en los relaves de este distrito. Otra ocurrencia mineral de la cual existen antecedentes históricos de explotación por cobalto como mena primaria



corresponde a yacimientos de vetas ubicados en los sectores de El Volcán y Alto Río Maipo, estos tratándose de sistemas de vetas de pequeñas dimensiones, con potencias que en promedio no superan los 30 cm. Los distritos documentados en la región de Atacama y Coquimbo se asocian espacial y temporalmente con la faja ferrífera de Chile, ligados a la evolución del arco magmático del Cretácico Inferior y de afinidad con los yacimientos del tipo óxidos de hierro-cobre oro y en menor medida con los yacimientos del tipo óxidos de hierro apatito. En el caso de los sistemas de veta en la zona del Alto Maipo en la región Metropolitana no es conocida la edad de mineralización, por lo que no se cuenta con información que permita definir la relación metalogénica de estos yacimientos con la evolución tectónica y magmática de Chile Central. Estos yacimientos no son de afinidad con la franja de pórfidos cupríferos ubicados al oeste de estos distritos. En la actualidad los yacimientos descritos pudieran presentar algún potencial remanente por cobalto como mena primaria, pero esto requiere de evaluación en profundidad. De acuerdo a antecedentes existentes en el distrito San Juan, la explotación pasada llegó cercana a los 100 m de profundidad, por lo que una exploración mediante perforación a niveles más profundos pudiera levantar recursos no explotados. En Tambillos la situación es similar, eso si las actuales explotaciones por cobre han profundizado, no existiendo información pública respecto de potencialidad por cobalto. En ambos distritos, y pudiéndose agregar el distrito Carrizal Alto, existiría aun potencial exploratorio remanente para efectos de la búsqueda de yacimientos con mena primaria por cobalto.



Yacimientos con potencial por Cobalto como sub producto.

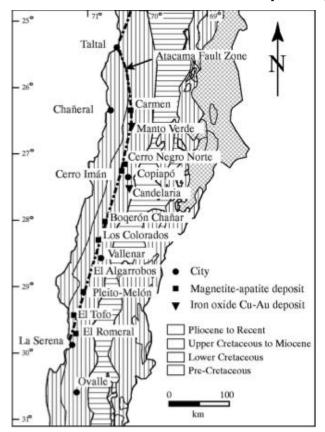
En base a la evolución metalogénica del margen Andino en Chile y la afinidad de cobalto con hierro y arsénico, esto en ambientes hidrotermales de baja sulfuración, los principales yacimientos minerales metálicos a los cuales se pudiera asociar la ocurrencia de cobalto como un sub producto o crédito relevante correspondería en primer lugar a yacimientos del tipo óxidos de hierro-cobre oro (IOCG), estos ocurrentes en la franja metalogénica del Cretácico Inferior (Fig. 2.1). Los yacimientos La Candelaria y yacimientos en el distrito Punta del Cobre pudiesen representar un blanco de evaluación. En estos yacimientos si bien no se reporta recuperación de cobalto como sub producto o crédito de operación, dado el tipo de yacimiento y mineralización pudiese existir un potencial no evaluado. Otro yacimiento de este tipo corresponde a Manto Verde, localizado al este de Chañaral, hospedado en el Sistema de Fallas de Atacama (SFA), también un yacimiento en el cual no se reporta recuperación de cobalto, pero donde no es descartable su ocurrencia.

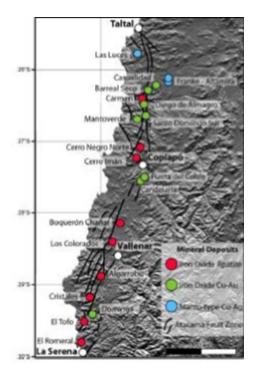
Otros yacimientos en los cuales pudiera estar presente cobalto como un potencial sub producto o crédito correspondería a los yacimientos del tipo óxidos de hierroapatito (IOA), estos la principal fuente de hierro en Chile. Estos yacimientos se distribuyen a lo largo del SFA entre las regiones de Atacama y Coquimbo (Fig. 2.1), los principales yacimientos en explotación siendo Los Colorados, El Algarrobo y El Romeral. Si bien la mayor probabilidad de ocurrencia de minerales de cobalto se asocia a los yacimientos del tipo IOCG e IOA, no se debe descartar la posible ocurrencia de minerales de cobalto asociados con pórfidos cupríferos. Dado que la afinidad del cobalto en sulfuros ocurre con arsénico, y que este elemento es un castigo en los concentrados de cobre, se recomendaría evaluar las concentraciones y posible ocurrencia mineral de cobalto en este tipo de yacimientos. Si bien las concentraciones pudieran ser bajas, dependiendo de la ocurrencia mineral y asociación con la mineralización de cobre o molibdeno, de



ser recuperable el cobalto en el mismo proceso metalúrgico, similar a lo que ocurre con oro, cobalto pudiese representar un crédito interesante a la producción. Otros tipos de yacimientos en los cuales pudiera existir ocurrencia de cobalto son yacimientos de polimetálicos de metales base, por ejemplo, yacimientos de vetas y skarn en la región de Aysén, o yacimientos de sulfuros masivos en la región de Magallanes. No existen antecedentes al respecto, pero tratándose de yacimientos no convencionales en Chile es poco lo que se sabe respecto de estos.

Ilustración 5. Distribución espacial de yacimientos del tipo IOA (magnetita – apatito) e IOCG (óxidos hierro-cobre oro) en la franja ferrífera de Chile, arco magmático Cretácico Inferior. Tomado de Mathur et al. (2002) [izquierda] y modificado de Barra et al. (20002) [Derecha]







Anexo 3. Selección y descripción de Distritos de explotación histórica y/o con potencial para explotación de Co.

Distritos por Cobalto

La explotación histórica de cobalto en Chile se desarrolló, de manera intermitente, entre los años 1844 y 1944. Las zonas explotadas incluyen el distrito de Tambillos en la región de Coquimbo, los valles del río Maipo y río El Volcán en la región Metropolitana, el distrito San Juan, al sur de Freirina y los distritos Sierra Ladrillos y Los Loros en Copiapó (D'Aubarede, 1969; Cruzat, 1968). Los distritos que fueron objeto de un mayor desarrollo, corresponden a los distritos San Juan y Tambillos. Adicionalmente existen una serie de depósitos ampliamente distribuidos en el ámbito de la provincia metalogénica de la Cordillera de la Costa, en las regiones de Atacama y Coquimbo, con valores de cobalto similares a los reportados en las zonas hipógenas de depósitos del distrito San Juan, al sur de Freirina (Lacassie et al., 2016).

Distrito San Juan

Se accede a esta zona por la ruta que conecta la ciudad de Freirina con el sector de Quebradita. De acuerdo a lo reportado por Geoexploraciones (1983) el distrito San Juan cubre un área de elongación NE de 5x10km, que contiene 118 depósitos vetiformes agrupados en los Minerales Fraguita, El Romero, Cobaltera, Quebradita y Labrar.



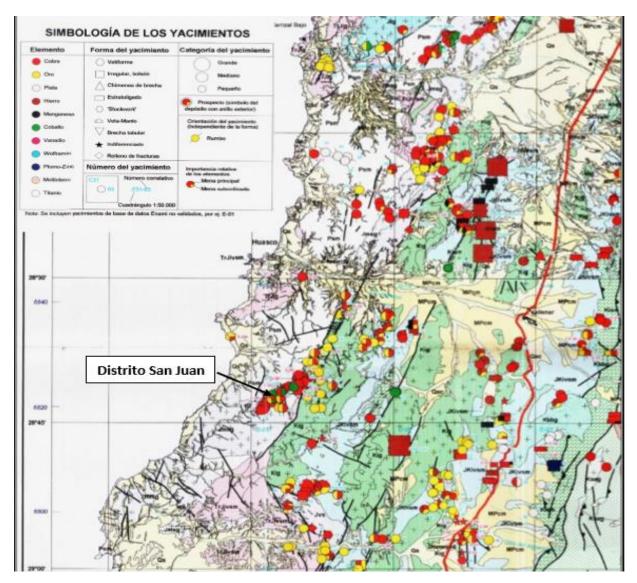
Ilustración 6. Mineral de Labrar (1), Quebradita (2), El Romero (3), Fraguita y distrito La Cobaltera en el contexto del Distrito San Juan, según Geoexploraciones 2003.



Las vetas de este distrito se alojan tanto en rocas del Basamento Paleozoico, como en las rocas intrusivas que cortan el basamento. Generalmente están asociados a diques y fallas de dirección general NE cuando se encuentran en el Basamento y a diques y fallas de orientación NW y NNE cuando están albergadas en las rocas intrusivas. El basamento consiste principalmente en metareniscas cuarcíferas, metapelitas, esquistos cuarzo - micáceos y metabasitas; los intrusivos incluyen dioritas cuarcíferas de anfíbola y biotita que varían a monzodioritas cuarcíferas de anfíbola y biotita, consignadas en la unidad diorita cuarcífera San Juan. El conjunto de rocas antes descrito está intruída hacia el oeste, por rocas plutónicas del Complejo Plutónico Infiernilllo, siendo el contacto, una zona de milonitas que pertenece a una rama occidental del Sistema de Falla de Atacama (SFA), desarrollada tanto en el basamento, como en las rocas intrusivas, con la excepción de la diorita cuarcífera San Juan, en donde no se aprecian las milonitas. En términos estructurales, el basamento metasedimentario presenta deformación polifásica de intensidad variable.



Ilustración 7. Mineral de Labrar (1), Quebradita (2), El Romero (3), Fraguita y distrito La Cobaltera en el contexto del Distrito San Juan, según Geoexploraciones 2003





Las vetas tienen orientaciones variables NS (+-10°), N25-50E (ocasionalemente N70E-EW) y N40W, los manteos oscilan desde subverticales hasta 50°W, presentan en general una potencia que varía entre 0,7 y 4.0 m y corrida desde 80 m hasta 1000m. La mineralogía de mena primaria consiste de pirita, cobaltita, pirrotina, calcopirita y escutterudita, mientras que, en la zona oxidada de aproximadamente 30 m de desarrollo vertical, se puede observar la presencia de crisocola, malaquita, azurita, antlerita, eritrina y óxidos negros de cobalto. La mineralogía de ganga está constituida por la presencia de turmalina, calcita y cuarzo. Normalmente la alteración de la roca de caja consiste de turmalina y cuarzo (sericita) (Vivallo et al., 2018; Geoexploraciones, 1983; Díaz, 1981). Los resultados de análisis químicos de muestras de mena hipógena en demontes, picados y vetas en el distrito San Juan muestran contenidos de cobalto que varían entre 0,001% y 1,95%. Presentan también contenidos variables de cobre (7,9% -0,037%), oro (1,1 g/t a 0,1 g/t), plata (8,8 g/t a 0,5 g/t), níquel (0,49% a 0,023%) y cadmio (4,7 g/t a 0,023 g/t) (Geoexploraciones, 1983). Geoexploraciones recomendó 2 zonas favorables para la exploración y desarrollo de minas para la explotación de cobalto, las que en orden de importancia corresponden a

Zona 1

Incluye los sectores Cortadera, Paulita, Verde y consiste de un área de 2 x 4 km, en donde los análisis de cobalto indican valores sobre 0,5%. Las minas recomendadas para realizar estudios detallados de interior mina y superficie son Cobaltera, Prosperidad, Blanca, Verde, Lea, Delirio y Rosa Amelia.



Ilustración 8. Ubicación aproximada zonas de interés 1 (en rojo) y 2 (en azul) en el distrito San Juan.



Zona 2

Incluye los sectores Labrar, Quebradita Norte, Romero 2, Fraguita y consiste en un área donde los análisis de cobalto indican valores entre 0,1 y 0,5%.

Recursos mineros

Geoexploraciones (1983) indica reservas de 1300 t de mineral in situ y 3960 t de desmontes de 1% Co en la Zona 1 y 62000 t de desmontes de la mina Santa Rosa (Zona 2) con aproximadamente 0,05 a 0,24% Co y con una ley media de 2,44% de Cu, el que debía ser muestreado y cubicado. Recursos adicionales del orden de 500.000 tm de relaves con 0,11% de Co y 0,23% de Cu son reportados por Cía. Minera Santa María de Astillas (INTEC, 1988) en el distrito Astillas, al norte de la ciudad de Freirina. Otros relaves en las proximidades de Freirina con valores de Co en muestras superficiales puntuales de las cubetas con 221 mg/kg – 358 mg/kg y en la zona de Capote aurífero 80305 t con valores de Co de muestras superficiales puntuales de las cubetas de 325 mg/kg y 426 mg/kg.



Distrito Tambillos

Se encuentra en la comuna de Andacollo, aproximadamente a 33 km al sur de la ciudad de La Serena y cubre una superficie de aproximadamente 40 km 2. Se accede al distrito por la ruta que conecta la ciudad de La Serena con la ciudad de Ovalle. El distrito Tambillo está contenido del dominio metalogénico Arqueros (D3A), definido en el ámbito del mapa de Yacimientos Metalíferos del Área de Andacollo – Puerto Aldea (Díaz et al., 2009).

DISTRITO
TAMBILLO
DISTRITO
TAMBILLO
DISTRITO
Andacollo
Andacollo
DISTRITO
DISTRITO
Andacollo
DISTRITO

Ilustración 9. Contexto metalogénico distrito Tambillo (tomado de Díaz et al., 2009).

Los depósitos del distrito incluyen vetas del tipo IOCG, que se alojan tanto en rocas intrusivas del Cretácico Inferior y cuerpos hipabisales del Cretácico Superior temprano, como en una secuencia estratificada volcánica y sedimentaria del Jurásico Superior – Cretácico Inferior y depósitos estratiformes del tipo IOCG contenidos en un mismo nivel litocronoestratigráfico, en la base de una secuencia volcánico-sedimentaria típica de la Formación Arqueros.



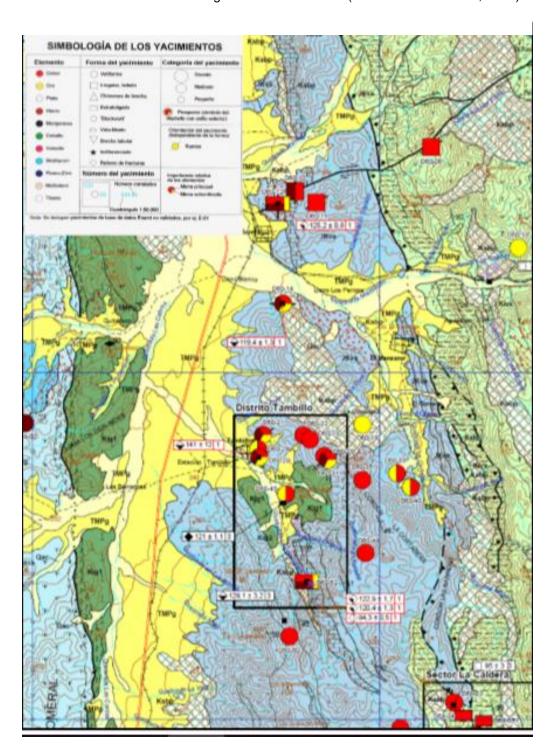
La totalidad de las rocas y depósitos antes descritos se distribuyen al oeste del Sistema de Fallas Romeral (SFR) y han sido afectados por un intenso metamorfismo de contacto asociado al emplazamiento de granodioritas, granitos y dioritas ubicados en la zona central del distrito. Las rocas volcánicas incluyen la presencia de andesitas basálticas, hialoclastitas y peperitas. Sobre las andesitas y de manera concordante se disponen anfibolitas sobreyacidas por granatitas en parte brechosas que hospedan, en conjunto, la mineralización estratiforme por decenas de kilómetros de extensión. Por sobre el nivel con anfibolitas y granatitas mineralizadas, se observa un nivel de rocas silicificadas, cuyo protolito corresponde a calizas y areniscas subordinadas con intercalaciones de chert, lutitas y tobas. La secuencia antes descrita se encuentra intruida por una serie de diques afaníticos, afíricos, ocoitas y cuerpos hipabisales andesítico - basálticos del Cretácico Inferior Tardío - Cretácico Superior Temprano. Los depósitos explotados por cobalto corresponden a los del tipo estratiforme, específicamente a las minas Buitre y Minillas. Estos mantos mineralizados presentan rumbo N15-35W y manteos entre 45 y 55W. El manto consiste en una roca córnea de actinolita y calcita recristalizada escasa, junto a abundante clorita intersticial. La caja yacente corresponde a metandesitas, las que generalmente tienen sobreimpuesta una alteración potásica definida por la presencia de biotita y feldespato potásico, mientras que la caja pendiente está constituida por capas continuas de chert. La mineralogía de mena primaria presenta calcopirita, pirita, arsenopirita, esfalerita, galena, cobaltita y tetrahedrita, además de pequeñas cantidades de eritrina en las zonas de oxidación superficial. La cobaltita se describe principalmente en la zona de contacto entre el manto mineralizado y la caja pendiente (chert) y en menor medida como diseminación gruesa al interior del manto, junto a los otros sulfuros mencionados. El yacimiento con mayor desarrollo, con relación a la explotación de cobalto está representado por la mina Buitre, la que en 1975 tenía tres niveles de desarrollo separados en cota, cada 20 m. El nivel superior contenía un socavón de 200 m de alto, 4 m de



ancho y una altura de 30 m. El nivel superior se encontraba en explotación a partir de un socavón de 170 m de extensión, 4 m de ancho y una altura de 15 m. El nivel intermedio consistía en un socavón de 50 m de extensión y el nivel más profundo, poseía un socavón que alcanzaba 30 m de largo. Se estimaba en esa época que la ley media de Co estaba en torno al 1% y los disfrutes tenían una ley media de 0,46% Co. La mina Minillas, contigua a la mina Buitre, presenta las mismas características de esta y en la actualidad está en preparación para la explotación de zonas de minerales oxidados de cobre, remanentes. La única mina en producción a escala de mediana minería corresponde a la mina Florida, contigua a las minas Buitre – Minillas y presenta características similares. Se explota actualmente para recuperación principalmente de cobre. Este material se procesa en una planta dentro del distrito y ha generado un gran volumen de relaves.



Ilustración 10. Contexto Geológico Distrito Tambillos (tomado de Díaz et al., 2009)





Los depósitos presentes en la porción norte del distrito corresponden a vetas de orientación preferencial N60E/80SE cuya corrida alcanza hasta los 300 m, con potencia entre 0,4 y 1.0 m y profundidad no inferior a 300 m. La mineralogía de mena hipógena está indicada por la presencia de magnetita, pirita, arsenopirita, calcopirita, minerales oxidados de cobre, almagre y uraninita, en una ganga de fluorapatito, hidroxilapatito, magnesiohorblenda, riebeckita, tremolita, actinolita, epidota y cuarzo. Presentan zonas de alteración centimétricas, en torno a las vetas, con feldespato potásico (albita, calcita), turmalina, actinolita y cuarzo, además de clorita-vermiculita, montmorillonita-clorita, biotita, muscovita, goethita, maghemita y hematita. Los valores de cobalto en estos depósitos en las zonas más oxidadas, con presencia de limonita, jarosita y minerales oxidados de cobre tienen valores levemente superiores a 0,1% (1 muestra), mientras que en la zona hipógena son inferiores a 0,01% (5 muestras) (Díaz et al., 2010). Los depósitos presentes en la porción norte del distrito corresponden a vetas de orientación preferencial N60E/80SE cuya corrida alcanza hasta los 300 m, con potencia entre 0,4 y 1.0 m y profundidad no inferior a 300 m. La mineralogía de mena hipógena está indicada por la presencia de magnetita, pirita, arsenopirita, calcopirita, minerales oxidados de cobre, almagre y uraninita, en una ganga de fluorapatito, hidroxilapatito, magnesiohorblenda, riebeckita, tremolita, actinolita, epidota y cuarzo. Presentan zonas de alteración centimétricas, en torno a las vetas, con feldespato potásico (albita, calcita), turmalina, actinolita y cuarzo, además de clorita-vermiculita, montmorillonitaclorita, biotita, muscovita, goethita, maghemita y hematita. Los valores de cobalto en estos depósitos en las zonas más oxidadas, con presencia de limonita, jarosita y minerales oxidados de cobre tienen valores levemente superiores a 0,1% (1 muestra), mientras que en la zona hipógena son inferiores a 0,01% (5 muestras) (Díaz et al., 2010).



Recursos Mineros

No existe información actualizada en relación a los recursos y leyes para para las minas Buitre y Minillas. Se presume que los escasos desmontes debieran contener leyes de Co inferiores a 1%. El volumen de relaves presentes en el distrito, procedentes del procesamiento de los depósitos estratiformes de Tambillos, por Cia. Minera Florida, debieran tener concentraciones de cobalto aún por determinar. Las vetas de la zona norte del distrito Tambillo en la actualidad son objeto de exploración con el objetivo de estimar recursos mineros e incluye la determinación de los contenidos de cobalto. Al momento de la visita se encontraban desarrollando socavones de cortada de vetas en la mina Farellón y preparándose para el desarrollo de una campaña de sondajes (Andrés Encina, Comet Exploration; com. verbal).



Anexo 4. Flujo de Caja

		0 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Mineral												
Tonelaje		2.0	75 2.075	2.075	2.075	2.075	2.075	2.075	2.075	2.075	2.075	20.750
Ley de Co soluble, %		0	50 0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Recuperación, %			50 50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Producción Co, kg		5.1	88 5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	5.188	
Factor de Co a CoSO4			,8 4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
Producción de Sulfato Co, Kg		24.8	43 24.843	24.843	24.843	24.843	24.843	24.843	24.843	24.843	24.843	24.843
Ingreso Maquila												
Total Ingreso		344.5	72 344.572	344.572	344.572	344.572	344.572	344.572	344.572	344.572	344.572	3.445.720
Ingreso por Kg de CoSO4		13	87 13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	13.87	
Cargos												
Costo Mineral US\$/Ton	10	20.7	50 20.750	20.750	20.750	20.750	20.750	20.750	20.750	20.750	20.750	207.500
Costo Unitario CoSO4, Kg		(84 0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Gastos Generales Planta	2,1	52.	.70 52.170	52.170	52.170	52.170	52.170	52.170	52.170	52.170	52.170	43.575
Chancado Co US\$/T	1.10	2.2	83 2.283	2.283	2.283	2.283	2.283	2.283	2.283	2.283	2.283	22.830
Costo LX, c/Lb Co	0.10	19.8	74 19874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	0
Costo SX, c/Lb Co	5.40	134.1	52 134.152	134.152	134.152	134.152	134.152	134.152	134.152	134.152	134.152	0
Costo Cristall, c/Lb Co	0.80	19.8	74 19874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	19.874	0
Sub total proceso		228.3	53 228.353	228.353	228.353	228.353	228.353	228.353	228.353	228.353	228.353	66.405
Costo Unitario CoSO4, Kg		2	.19 9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	0.27
Medio Ambiente c/kg CoSO4	2	4	97 497	497	497	497	497	497	497	497	497	4.970
Costo Venta, c/Lb	2	4	97 497	497	497	497	497	497	497	497	497	4.970
Sub total		9	94 994	994	994	994	994	994	994	994	994	9.940
Costo Unitario CoSO4, Kg		0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
total costo operación		250.0	97 250.097	250.097	250.097	250.097	250.097	250.097	250.097	250.097	250.097	283.845
Costo Unitario CoSO4, Kg		10	07 10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	1.14
Intereses prestamos			0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses Cap. Trabajo			0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación		20.0	00 20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	200.000



Total Cargos			270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	270.097	2.700.970
Utilidad Tributario Impuestos 1,5% Utilidad Neta			74.475 1.117 73.358	744.750 11.171 733.579									
Flujos de Caja Utilidad Neta Depreciación Aportes Capital Préstamo Préstamo Cap. Trabajo Total Inflow	240.000		73.358 20.000 93.358	733.579 200.000 933.579									
Equipamiento y Montaje Amortización préstamo Capital de Trabajo Total Outflow		40.000 240.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0 0
Flujo Neto Flujo act. Acumulado		240.000 240.000	93.358 -146.642	93.358 -53.284	93.358 40.074	93.358 133.432	93.358 226.789	93.358 320.147		93.358 506.863	93.358 600.221	93.358 693.579	933.579 1.627.158

		\$
VAN	10%	303.312
TIR		37%