



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**ESTUDIO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS SEMI
TERMINADOS BASE COBRE EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LA MINERIA CHILENA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTION Y DIRECCION DE EMPRESAS**

ARTURO RAMON DE LA FUENTE SALAZAR

**PROFESOR GUIA:
IVAN BRAGA CALDERON**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
ENRIQUE SILVA RAMOS
MANUEL ROJAS VALENZUELA**

**SANTIAGO DE CHILE
2022**

**RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL
GRADO DE:** Magíster en Gestión y Dirección de Empresas
POR: Arturo Ranón De La Fuente Salazar
FECHA: 2022
PROFESOR GUIA: Iván Braga Calderon

ESTUDIO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS SEMI TERMINADOS BASE COBRE EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LA MINERÍA CHILENA.

Uno de los ingresos económicos más relevantes del país proviene de la exportación de mineral de cobre [1] el que se transa principalmente en formas de concentrado, blíster o cátodo. Luego de este proceso estas materias primas son exportadas a otras regiones económicas del mundo para dar forma a productos semis o terminados para su posterior comercialización. Dado lo anterior se plantea determinar si es posible integrar verticalmente la industria minera en Chile con el objetivo que estas compañías puedan fabricar y comercializar productos semi terminados. Para lo anterior, se analizó bajo qué condiciones o exigencias es conveniente para una compañía minera su integración vertical, también si esto depende de su poder de fundición o de las necesidades de los mercados que demandan e impulsan la elaboración de productos semis.

Específicamente para determinar si una extensión en el proceso depende de las compañías mineras se analizaron estrategia corporativa de las más relevantes según su nivel productivo, participación en la cadena de integración y poder de fundición. Además, se determinó mediante un análisis financiero que tan rentable sería la introducción al negocio de productos semis. En base a estos resultados se analizaron los riesgos de continuar con el actual paradigma productivo y los beneficios de integrar verticalmente la producción.

Asimismo como benchmarking se caracterizó la industria manufacturera nacional e internacional, específicamente capacidad productiva, capacidad tecnológica, mercados que abastecen y su competitividad.

También analizó la demanda de productos semi terminados de cobre, por ejemplo el mercado automotriz actual que necesita ser abastecido con suficiente alambre para la fabricación de autos eléctricos y lograr la descarbonización del planeta. También, se analizó si existen barreras comerciales que impidan la introducción a comercios internacionales y afecte la integración de la cadena productiva a nivel local.

Para el análisis financiero se utilizó como referencia al grupo minero KGHM Polska Miedz, quienes en la actualidad han logrado integrar verticalmente su producción de cobre. Se comparó este caso con una minera local no integrada de similar nivel de producción respecto a KGHM.

Finalmente, se determinó que es rentable para una compañía minera invertir en un CAPEX de una planta metalúrgica para fabricar alambón, ya que se demostró que la recuperación de la inversión y capital de trabajo para operar la planta se recuperan en un muy corto plazo. Además, se determinó que es un negocio que genera un alto valor con una tasa por sobre a la exigida por inversionistas.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Metodología	3
2 MARCO GENERAL NEGOCIO MINERO	5
2.1 Análisis del negocio minero	12
2.2 Direcciones estratégicas por compañía minera	12
2.2.1 KGHM Polska Miedz (caso estudio):.....	12
2.2.2 Antofagasta PLC (Los Pelambres-Centinela):	14
2.2.3 Análisis de estrategias	15
2.3 Productos del negocio minero	17
2.4 Fundiciones de cobre y TC/RC	24
3 CADENA DE VALOR DEL MERCADO DEL COBRE	27
3.1 Integración vertical del cobre	27
3.1.1 Industria manufacturera del cobre	28
3.1.2 Desarrollo y mercado de la industria manufacturera.....	30
3.1.3 Tecnologías de fundición de Cobre (Continuous Casting).....	31
3.1.4 Sistemas de colada continua de cobre	33
3.2 Circuito productivo integrado del cobre	38
3.3 Producción de cobre verde y carbono neutralidad.	39
3.3.1 Análisis consumos y producción de semis a nivel mundial	41
3.4 Comercialización productos semis	44

4	MÉTODO EXPERIMENTAL RENTABILIDAD Y ANÁLISIS FINANCIERO.....	49
4.1.1	Caso KGHM Polska Miedz	49
4.1.2	Caso Grupo Antofagasta Minerals PLC	58
5	INVERSIÓN EN UNA PLANTA METALÚRGICA ALAMBRÓN DE COBRE	81
5.1.1	Caracterización productos de planta metalúrgica de alambre.....	82
5.1.2	Costo capital planta metalúrgica	83
5.1.3	Costos operacionales anuales de una planta de alambre de cobre	85
5.1.4	Estimación periodo retorno (payback) planta alambre.....	90
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	94
7	CONCLUSION.....	96
8	GLOSARIO.....	99
9	BIBLIOGRAFÍA	101
10	ANEXO.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Precios históricos del cobre en centavos de dólar por libra, C/LB 2010, 1908-2010.	5
Figura N° 2: Tendencia precios históricos del cobre en centavos de dólar por libra, C/LB 2010, 1908-2010.....	5
Figura N° 3: Principales productores de cobre y reservas por país (Millones de toneladas).....	8
Fig. N° 4: Desarrollo de KGHM a través de 4 direcciones estratégicas.....	13
Fig. N° 5: Megatendencias que impactan al grupo KGHM.....	13
Figura N° 6: Proceso productivo para la obtención de Cobre mediante minerales oxidados.....	16
Figura N° 7: Proceso productivo para la obtención de cobre mediante minerales sulfurados.	17
Figura N° 8: Ánodos de cobre utilizados para electrorefinación y producción de catodos de cobre. 18	
Figura N° 9: Producción de Cobre por tipo de producto 2003-2018.....	20
Figura N° 10: Producción de cobre 2018 y proyección 2019-2030, según producto.....	21
Figura N° 11: Producción de concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperada	22
Figura N° 12: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2018-2030.....	23
Figura N° 13: Serie desventajas que impulsan integrar verticalmente la producción de Cobre....	26
Figura N° 14: Producción a nivel mundial y según propiedad.....	29
Figura N° 15: Consumo cobre por industria y región.....	30
Figura N° 16: Esquema de colada continua horizontal y vertical para la producción de alambión. 31	
Figura N° 17: Esquema proceso Contirod-Hazelett	33
Figura N° 18: Proceso de producción Contirod®.....	34
Figura N° 19: Proceso Upcast®.....	35
Figura N° 20: Cadena Manufacturera de Productos y Subproductos de Cobre.....	37
Fig. N° 21: Diagrama ciclo completo integrado hasta la fabricación de alambión de cobre.	38

Fig. N° 22: Diagrama del concepto de Minería Verde / Actualización Roadmap Minería del Cobre.	
	39
Fig. N° 23: Cadena productiva desde una minería verde hacia la carbono neutralidad.	40
Fig N° 24: Producción de semis de cobre por categoría de producto (MM ton) [28]	41
Fig. N° 25: Producción de semis de cobre por jurisdicción (en MM de ton) [28]	42
Fig. N° 26: Consumo de semis de cobre por jurisdicción (MM de ton) [28]	43
Fig. N° 27: Toneladas de cobre pagables producidos entre 2018 y 2021 (kt)	50
Figura N° 28: Ingresos por ventas de KGHM Polska Miedz S.A. (H1-2020/H1-2021)	51
Fig. N° 29: EBIT y EBITDA de KGHM para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021	52
Fig. N° 30: Curva valor ROA KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021	54
Fig. N° 31: Curva valor ROE KGHM entre los periodos H1-2018 y 2021	55
Fig. N° 32: Resultados valor EVA comprendido entre H1-2018 y 2021	57
Fig. N° 33: Producción de cobre de Antofagasta PLC versus Pelambres/Centinela.	59
Fig. N° 34: Producción de cobre de Antofagasta PLC y KGHM desde 2017 al 2021.	60
Fig. N° 35: Tonelajes versus EBIT Pelambres/Centinela y KGHM entre 2017 y 2021.....	62
Fig. N° 36: EBIT y EBITDA de Pelambres y Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021	67
Fig. N° 37: EBIT KGHM y Pelambres/Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021.	67
Fig. N° 38: EBITDA KGHM y Pelambres/Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021	68
Fig. N° 39: Curva valor ROA KGHM y Pelambres-Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.	70
Fig. N° 40: Curva valor ROE KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.	72
Fig. N° 41: Tendencia EVA KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.	74
Fig. N° 42: Tendencia rendimiento capital KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.	75
Fig. N° 43: Tendencia utilidad KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.	76

Fig. N° 44: Costo venta y gastos administración de KGHM y Pelambres/Centinela para los periodos H1-2017 y 2021.....	77
Fig. N° 45: Valores C1 para KGHM y P/C comprendidos entre 2018 y 2021.....	78
Figura N° 46: Rollos de alambción en preparaci3n para despacho a clientes.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Matriz FODA para la integración vertical en la producción de Cobre.	7
Tabla N° 2: Faenas mineras en Chile y sus productos (2018).	19
Tabla N° 3: Comparación de Fures Chilenas versus competencia.	25
Tabla N° 4: Actividades y productos de empresas manufactureras de cobre en Chile.....	28
Tabla N° 5: Reservas de cobre por empresas manufactureras beneficiadas de la ley 16.624 (2010-2016).....	29
Tabla N° 6: Contratos significativos de KGHM para la venta de alambrón de cobre.....	45
Tabla N° 7: Valores toneladas de cobre pagables, C1 y EBITDA entre 2018-2021	49
Tabla N° 8: EBIT y EBITDA para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021	51
Tabla N° 9: Valor ROA KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021	53
Tabla N° 11: Cálculo EVA y RC de KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021	56
Tabla N° 12: Producción de cobre y Cash Cost del grupo Antofagasta Minerals PLC desde H1-2017 al 2021.	58
Tabla N° 13: Resultados EBIT/EBITDA Pelambres/Centinela entre periodos completos entre 2017-2021 (M USD).....	60
Tabla N° 14: Resultados EBIT Antofagasta PLC, Pelambre/Centinela y KGHM entre periodos completos entre 2017-2021 (M USD)	61
Tabla N° 15: Cálculo del valor de cobre basado según sus ingresos y producción en 2021.....	63
Tabla N° 16: Resultados EBIT/EBITDA Pelambres/Centinela entre 2017-2021	65
Tabla N° 17: Resultados EBIT/EBITDA Antofagasta PLC entre 2017-2021.....	66
Tabla N° 18: Valor ROA de Pelambres y Centinela comprendido entre los periodos H1-2018 y 2021.	69
Tabla N° 19: Valor ROE Pelambres y Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021	71
Tabla N° 20: Calculo EVA y RC de Pelambres y Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021	73
Tabla N° 21: Diferencial de ingresos obtenido en Pelambres-Centinela respecto a KGHM.	79

Tabla N° 22: Costos capitales de una planta alambρόn de cobre de 120,000 toneladas por año (Southwire o Contirod).....	84
Tabla N° 23: Calculo costo mano de obra directa e indirecta para una planta de alambρόn.....	85
Tabla N° 24: Costos de operaci3n planta metalúrgica de alambρόn.....	86
Tabla N° 25: Capital de trabajo de una planta alambρόn de cobre	87
Tabla N° 26: Resultados de EBIT segú n valor de contratos pactados de rollos de cobre.	88
Tabla N° 27: Resumen de costos e ingresos por ventas anuales.....	89
Tabla N° 29: Flujo caja para un contrato largo plazo 4,0 US\$/lb.....	91
Tabla N° 30: Flujos futuros de una planta metalúrgica para contratos de 3,0 US\$/lb.....	92
Tabla N° 31: Flujos futuros de una planta metalúrgica para contratos de 4,0 US\$/lb.....	93

INTRODUCCIÓN

Actualmente Chile lidera la producción de cobre con un 26% a nivel global, además de poseer el 23% de las reservas a nivel mundial [2]. Esta ventaja comparativa ya ha sido analizada por estudios extranjeros que hacían mención décadas antes sobre la oportunidad que existe al poseer grandes reservas de mineral de cobre que podría convertir a países en desarrollo en potencias productoras de manufacturas semis o terminadas [3].

Sin embargo, a pesar de la existencia de estas importantes reservas de minerales no se ha avanzado en cambiar la realidad productiva, en su lugar se ha dado principalmente foco a la elaboración de cátodos, blíster o concentrados de cobre. Escenario productivo que se ha mantenido intacto y que incluso por efectos externos, realidades geológicas, tecnológicas han obligado a retroceder en la cadena de valor desfavoreciendo aún más la productividad local.

Así mismo, el paradigma productivo minero en Chile se ha vuelto cada vez más complejo respecto a la extracción de minerales, ya que las vetas se encuentran considerablemente más profundas, con menores leyes, minerales más competentes y con mayor contenido de residuos que impactan y afectan a las fundiciones que deben hacerse cargo de estos residuos. Adicionalmente, otra amenaza a la productividad está asociada con el endurecimiento de las normativas medio ambientales y las licencias para operar, lo que está íntimamente ligado con el paradigma productivo minero actual.

Es claro que los recursos de cobre son finitos y que la condición privilegiada de Chile tiene tiempo de caducidad, es importante tomar acciones sobre esto como lo planteado en la regla de Hartwick, la que considera que los recursos no renovables se deben invertir para asegurar un nivel de consumo en el tiempo para ello se debe garantizar que las rentas obtenidas desde recursos no renovables se ahorren y canalicen en inversiones rentables [4]. Pero históricamente el negocio y las estrategias de las compañías mineras tradicionales, en su mayoría no considera la renta de su operación para la canalización de inversiones rentables, sino más bien se ha mantenido inalterable con foco en la inversión de capitales de yacimientos sobre el que se estiman retornos mediante un precio del cobre futuro del que los inversionistas exigen sus respectivos retornos.

De los antecedentes antes mencionados, permiten al menos cuestionar si se debe mantener el escenario productivo actual que se ha fomentado por el privilegiado escenario de recursos mineros existentes. Se debe considerar la serie de desventajas que amenazan el principal motor

económico del país, con el objetivo de dilucidar si estratégicamente la producción minera debería mantenerse, integrarse hacia adelante o hacia atrás y en cual de estas se obtiene el mejor rendimiento económico.

Específicamente, la discusión para determinar si la integración hacia adelante es conveniente y la propuesta de producir semiterminados de cobre ha sido un tema controversial en el negocio minero, ya que no existen respuestas concretas que permitan asegurar que los resultados financieros sean al menos iguales o superiores a los que se obtienen respecto a una empresa no integrada. De esta forma, es de gran interés estudiar posibles escenarios integrados, lo que permitiría dilucidar las conveniencias económicas y el impacto financiero de la decisión de integrar -o no- parcial o totalmente la producción. En concreto, comparar resultados financieros de compañías integradas versus una no integrada toma relevancia para deducir la factibilidad de tomar una decisión estratégica de este tipo.

Adicional al caso anterior, se debe incluir en el análisis las tendencias del macroentorno, específicamente relacionadas con los desafíos globales para lograr la carbono neutralidad, desafío que ha generado una alta demanda de alambre de cobre que permita asegurar el abastecimiento a la industria de energías renovables. Puntualmente, para cumplir los compromisos de la electromovilidad al 2050, va a requerir de elevadas cantidades de alambre de cobre para fabricar autos eléctricos, los que necesitan de 3 a 4 veces más de cobre que un auto de combustión interna [5].

Por tal razón, la importancia de este estudio, es que dado el cambio de paradigma de la demanda del cobre como del mismo proceso productivo se propone replantear el modelo de negocio minero actual. Se pretende dilucidar cuales serían los efectos en los estados financieros de una compañía minera en un ambiente productivo de integración vertical, si estos se ven impactados positiva o negativamente comparado con una compañía minera tradicional. De esta forma resolver si es conveniente para los inversionistas y/o ejecutivos invertir en un CAPEX de una planta para la manufactura de semiterminados en una compañía minera.

Para justificar la integración vertical es necesario resolver cuáles son las principales condiciones, exigencias y estrategias que se deben tener en cuenta al implementar una operación integrada. También, identificar cuales son las tecnológicas necesarias para integrar hacia adelante la industria minera, condiciones para la comercialización competitiva de alambre de cobre, entre otras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

El objetivo de este estudio es determinar si es rentable para una compañía minera fabricar y comercializar productos semi terminados en base a cobre, basado en el análisis de un caso de integración vertical.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar condiciones, exigencias o estrategias bajo las cuales a las compañías mineras les conviene integrarse verticalmente.
- Analizar las estrategias actuales de las compañías mineras.
- Análisis de la manufactura local.
- Analizar las tecnologías para producir y comercializar alambraón de forma competitiva.
- Analizar rentabilidad financiera de una compañía minera integrada en comparación con una no integrada. Determinar el CAPEX necesario para instalar una planta de alambraón en una compañía minera, costos de fabricación y costos de operación.

1.2 Metodología

La metodología de este trabajo se contruyó por un análisis cualitativo y cuantitativo. En el análisis cualitativo, se estudió lo siguiente:

Se analizó el entorno en que a las compañías mineras les convendría – o no – integrarse verticalmente. Para llevar adelante este análisis se expone un caso mediante un análisis FODA, que permitió determinar de manera cualitativa si se favorecerían – o no – la producción avanzada de productos semis.

Se revisaron las actuales estrategias de compañías mineras, que se encuentran declaradas en sus web corporativas, utilizando como criterio de análisis su nivel de producción, participación en la integración vertical y poder de fundición.

Se analizó la industria manufacturera local a nivel productivo, tecnológico y mercados que abastece como benchmarking para la industria minera

Por otra parte, se analizaron cuáles son las tecnologías más utilizadas para producir productos semis de forma eficiente, de bajo costo y que permita generar competitividad en su elaboración.

Respecto al análisis cuantitativo, se estudió lo siguiente:

Se analizaron comparativamente rentabilidades financieras de una compañía minera integrada respecto a una no integrada. Para este punto, se obtuvieron indicadores como; EBITDA, ROA, ROE y EVA. Las compañías mineras que se eligieron para este análisis, en ambos casos, tienen un nivel productivo similar. En función a sus declaraciones financieras resultantes se establecieron las condiciones, exigencias y/o estrategias necesarias para un escenario de integración vertical.

Se obtuvo el CAPEX, Payback y VAN exigidos para implementar una planta productora de alambrón en una compañía minera.

Resultados Esperados

Determinar si una planta minera integrada es lo suficientemente rentable respecto a una no integrada.

En el caso que una planta minera integrada fuese rentable, estimar la inversión necesaria para implementar una planta productora de alambrón de cobre y determinar cuales son costos y gastos de operación.

MARCO GENERAL NEGOCIO MINERO

El precio del cobre está dado por los valores transados en la bolsa de metales de Londres (LME) y como se observa en la figura 1 está caracterizada por su alta volatilidad del precio en el tiempo. Esta volatilidad se debe a la ocurrencia de diversos ciclos económicos [5] los que afectan a la estabilidad macroeconómica generando fluctuaciones en el precio del Cobre.

Figura N° 1: Precios históricos del cobre en centavos de dólar por libra, C/LB 2010, 1908-2010.



Fuente: Codelco [5], Gráfico: Elaboración propia

En época de alza de precios la recuperación de las inversiones de proyectos mineros y la operación de las mismas es el momento más rentable con el que se maximizan las ganancias como se observa en la figura 2 en los picks de la curva.

Figura N° 2: Tendencia precios históricos del cobre en centavos de dólar por libra, C/LB 2010, 1908-2010



Fuente: Codelco [5], Gráfico: Elaboración propia

Los desafíos comienzan en los mínimos de la curva, en que el precio del cobre y margen de ganancia es menor, momento en que las compañías mineras deben operar eficientemente para maximizar la renta. En definitiva, las fluctuaciones constantes del precio del cobre generan periodos de mayor y menor ganancia, que impactan positiva - o negativamente - en los estados de resultados de operaciones mineras dependiendo del valor transado del commodity en el respectivo periodo.

Sin embargo, en periodos de rachas y tandas del precio del cobre, el paradigma de su producción se ha caracterizado en la explotación y exportación en forma de commodities (cátodos – concentrados), escenario que se ha mantenido inalterable por décadas. En el trascurso de este periodo se ha planteado la factibilidad de fabricar localmente productos semiterminados de cobre, no obstante, estudios señalan que el mayor beneficio (margen neto) y ROE se obtiene desde un modelo mono-productor en lugar de uno diversificado [6], lo que frena la posibilidad de avanzar hacia un modelo integrado, privilegiando asegurar el máximo beneficio financiero desde un modelo productivo no integrado.

No obstante, se deben tener en cuenta los desafíos actuales que enfrenta la minería los que van desde el punto de vista geológico, medio ambiental, comunidades, entre otras, que impulsa avanzar al negocio minero hacia una integración vertical los que se resumen a continuación:

Tabla N° 1: Matriz FODA para la integración vertical en la producción de Cobre.

	Interno	Externo
Positivo	<p>¿Cuáles son las fortalezas en comparación con la competencia?</p> <p>R: La principal fortaleza del país es la importante reserva minera existente.</p> <p>R: Las grandes reservas sumado a los superciclos apalancan posibles escenarios para implementar fabricación de semis.</p> <p>¿Se está aprovechando al máximo éstas fortalezas? R: La búsqueda de aprovechar éstas fortalezas, considerando la integración vertical, es motivo de estudio de este trabajo.</p>	<p>¿Qué oportunidades hay en el mercado?</p> <p>R: Actualmente es necesario abastecer el mercado de autos eléctricos para descarbonizar el planeta, por lo que se necesita suministro productos semis como alambre de cobre.</p> <p>¿Qué se está haciendo para apoderarse de esas oportunidades?</p> <p>R: Identificar cuales son las las condiciones, exigencias y/o estrategias para integrar verticalmente la producción de cobre.</p> <p>R: Aprovechar la futura sobre-demanda de cobre para autos eléctricos, lo que puede apalancar la introducción a estos mercados.</p>
Negativo	<p>¿Cuáles son las debilidades?</p> <p>R: Desconocimiento y descontento social de la actividad minera.</p> <p>R: Fundiciones de alto costo</p> <p>¿Qué estás haciendo para fortalecer éstos puntos débiles y disminuir tu vulnerabilidad?</p> <p>R: Generar nuevos empleos considerando un escenario de integración vertical minero.</p> <p>R: Se deben implementar fundiciones de clase mundial para reducir los costos (TC/RC)</p>	<p>¿Cuáles son las amenazas?</p> <p>R: Posible reemplazo del cobre (ej: caso Salitre)</p> <p>R: Recursos finitos</p> <p>R: Royalties/impuestos mineros</p> <p>R: Actual realidad geológica, bajas leyes, minerales más competentes, mayores costos de producción.</p>

A continuación, se explica en detalle la matriz FODA anterior:

Fortalezas:

Reservas de cobre: Chile es la principal reserva de cobre del mundo. Esta condición es muy relevante y similar al caso explicado anteriormente respecto al apalancamiento por superávit de los super ciclos del cobre en este caso también se podría aprovechar las grandes reservas como un ambiente proteccionista que favorezca la integración de la cadena de valor de producción de cobre.

Figura N° 3: Principales productores de cobre y reservas por país (Millones de toneladas)

País	2018	2019	Reservas
 Chile	5.830	5.600	200.000
 Perú	2.440	2.400	87.000
 China	1.590	1.600	26.000
 Estados Unidos	1.220	1.300	51.000
 Rep. Democrática del Congo	1.230	1.300	19.000
 Australia	920	960	87.000
 Zambia	854	790	19.000
 México	751	770	53.000
 Rusia	751	750	61.000
 Kazajistán	603	700	20.000
 Indonesia	651	340	28.000
Otros países	3.540	3.800	220.000
Total mundial (redondeado)	20.400	20.000	870.000

Fuente: USGS

Fuente: Datasur [7]

Apalancamiento: Los superávit de los super ciclos del cobre dan ventaja y posibilidad de evaluar la oportunidad de avanzar en la integración vertical cuando los precios están en su máximo valor.

Notar que en periodos en que el precio del cobre se encuentra en valores 1,0-1,5 USD/Libra no es recomendable realizar innovaciones ya que no sería sustentable mantener inversiones. En el caso opuesto, cuando los valores se encuentran por sobre los 3,5-4,0 USD/libra es recomendable aprovechar en función a los mayores precios apalancar la integración vertical favoreciendo un ambiente proteccionista para avanzar en el crecimiento de la manufactura local.

Oportunidades:

Normas medio ambientales: Con el objetivo de descarbonizar el planeta es que se ha impulsado la electromovilidad como por ejemplo lo establecido por la unión europea con su plan “Fit for 55” en que plantea en unos de sus puntos fabricar autos eléctricos más fácil y más accesibles a los consumidores [2]

Debilidades:

Efecto burbuja de la minería: La industria minera históricamente se ha visto estigmatizada porque la mayoría de la población no trabaja directa – o indirectamente - en este sector, lo que genera desconocimiento respecto a las actividades que se realizan. Por otro lado, no perciben los beneficios que provienen desde esta fuente económica, lo que favorece al descontento social. También está la sensación que los recursos minerales se explotan y exportan al exterior, impactando negativamente al medio ambiente, sin mayores beneficios para los territorios y/o comunidades en que operaron éstas compañías mineras.

Baja competitividad de fundiciones locales: Existe un déficit de fundiciones de clase mundial para tratar y refinar concentrados de cobre a bajo costo. Esto sin duda favorece la exportación de concentrados de cobre e impide la elaboración de cátodos de cobre – vía FURE – de forma competitiva, lo que genera una barrera para la integración vertical en la industria minera dado que los cátodos de cobre son la materia prima necesaria para la fabricación de alambón.

Amenazas:

Royalties mineros: En el último tiempo la población e incluso gobiernos han exigido y planteado respectivamente la posibilidad de incrementar el pago de impuestos a las operaciones mineras en territorio local. Estos impuestos han puesto en evaluación la operación de compañías mineras generando discusión por la factibilidad de continuar operando bajo estas exigencias tributarias.

En el caso que las compañías mineras incluyan dentro de su estrategia operativa integrar la cadena

de valor dentro de su operación favorecería a reducir e incluso eliminar este tipo de impuestos que perjudican los estado de resultados financieros y que cuestionan su continuidad operacional bajo nuevos regímenes de descuentos arancelarios.

Recursos finitos: El cobre desempeña un papel fundamental en el desarrollo de tecnologías para la descarbonización del planeta, como por ejemplo; en la elaboración de autos eléctricos el que proyecta un aumento de la demanda de cobre de 185.000 toneladas en 2017 a 1,74 millones de toneladas al 2027 [8], no obstante la producción de cobre no es infinita y la falta de minas de clase mundial generan escenarios productivos cada vez más desafiante. Por lo que es necesario implementar un plan de reducción interdependencia del cobre; es decir, adquirir más experiencia en la manufactura y productividad de metales como el cobre a medida que el recurso se reduce y se vuelve cada vez más compleja su extracción y producción.

Sustitutos del cobre: Hasta el momento no existe un completo un sustituto del cobre, no obstante existen aplicaciones particulares en que el cobre puede ser reemplazado o utilizado en conjunto con otros materiales. Entre estos materiales está el aluminio, fibra óptica, nanotubos de carbono, grafeno, plásticos, entre otros [9]. A pesar de los esfuerzos realizados en la búsqueda de sustitutos, el cobre sigue manteniendo su supremacía en sus áreas de excelencia, la conductividad eléctrica y térmica, a un costo que permite su uso de forma comercialmente rentable. Por otro lado, se deben tener en cuenta las lecciones aprendidas del pasado y el caso del salitre es el ejemplo clásico en que la falta de innovación basado en un modelo dependiente de la demanda, temporalidad de la industria y falta reformulación de sus estructuras políticas y financieras terminaron impulsando el cierre de las salitreras en Chile [10].

Desde el FODA anterior, se pueden evaluar los siguientes tipos de estrategias:

Estrategia F-O (combinación de Fortalezas con Oportunidades):

Las grandes reservas de mineral aseguran el suministro de materia prima necesaria para la fabricación de concentrados o cátodos de cobre - modelo de producción actual-. Esta ventaja comparativa apalancada con la futura sobre demanda de alambre de cobre abre el camino para avanzar hacia una producción integrada, favoreciendo la implementación de una planta metalúrgica productora de alambre en una planta minera. Lo anterior se debe evaluar financieramente para determinar rentabilidades de una empresa minera integrada versus a una no integrada.

Estrategias D-O (Debilidades ante las Oportunidades):

Las fundiciones de cobre son una pieza clave para atender la sobre demanda futura de alambre de cobre requerida en la fabricación de autos eléctricos. Sin Fundiciones y Refinerías – FURE – de clase mundial es imposible avanzar hacia una integración vertical eficiente y rentable. La eventual producción de alambre de cobre en compañías mineras generaría nuevas fuentes de trabajo, de forma directa (planta metalúrgica productora de alambre) como indirecta (empresas proveedoras) lo que apalancaría el desarrollo de profesionales, fortalecería el capital humano especializado para esta labor y reduciría el desconocimiento y descontento existente hacia el rubro minero.

Estrategias F-A (Fortalezas para enfrentar Amenazas):

A pesar de la existencia de grandes reservas de mineral, se debe cambiar la visión temporal de los recursos, considerando la experiencia previa del salitre, para combatir la realidad geológica actual, finitud de recursos, sustitutos del cobre, entre otros. Esta estrategia debe dar foco a la implementación de nuevas tecnologías, innovaciones y diversificación del mercado del cobre para obtener experiencia de mercados que en el futuro podrían sustentar la economía. Como es el caso de países que acabaron con sus recursos naturales y hoy en día operan a través de sus ventajas competitivas, lo que incluso les permitió en algún momento el desarrollo económico [11].

Estrategias D-A (atacar Debilidades para resistir Amenazas):

La poca competitividad de las fundiciones locales impulsan a los productores mineros exportar concentrados para la elaboración de cátodos en refinerías exteriores. A lo anterior, se suma la reducción de minas oxidadas que permitan la obtención de cátodos por SX-EW. Para esto es necesaria una estrategia de inversión para la instalación de fundiciones competitivas. Dada la realidad geológica actual en que los concentrados obtenidos localmente contienen cada vez más impurezas (metales pesados) las que en un futuro incluso podrían ser castigadas o rechazadas por fundiciones extranjeras destruyendo valor del proceso aguas arriba.

2.1 Análisis del negocio minero

Para analizar el negocio minero se debe revisar cual es la estrategia definida por las compañías mineras. Este resultado se debe comparar con la matriz FODA obtenida anteriormente para verificar cuales son las brechas que se deben mejorar y/o implementar.

También se debe determinar cuál es el producto entregable a comercializar en cada una de estas operaciones mineras. Adicionalmente verificar el proceso productivo utilizado, productos, subproductos, nivel de producción, entre otros.

Para el análisis de las estrategias de compañías mineras se realizará respecto al caso estudio que se evaluará en los capítulos posteriores. A continuación, se presentarán faenas mineras con similares capacidades productivas respecto al caso estudio para el siguiente análisis.

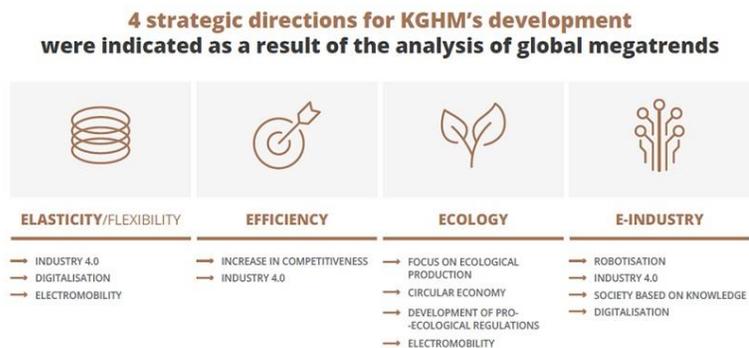
2.2 Direcciones estratégicas por compañía minera

2.2.1 KGHM Polska Miedz (caso estudio):

La empresa cuenta con operaciones de extracción y enriquecimiento de minerales en Carlota (USA), Rudna (Polonia), Lubin (Polonia), Sierra Gorda (Chile), Sudbury (Canada), Polkowice-Sieroszowice (Polonia) y Robinson (USA). Además, plantas metalúrgicas y refinería en Glogow (Polonia) y Legnica (Polonia). Finalmente, una planta transformación metalúrgica en Cedynia (Polonia).

Se suma a lo anterior proyectos en desarrollo como Victoria (Canadá), Ajax (Canadá) y Sierra Gorda Óxidos (Chile). La empresa declara 4 direcciones estratégicas [12] para el desarrollo de KGHM las que se muestra en la siguiente figura:

Fig. N° 4: Desarrollo de KGHM a través de 4 direcciones estratégicas



Fuente: KGHM

Las siguientes estrategias fueron indicadas como resultado del análisis de mega-tendencias globales, las que se exponen a continuación:

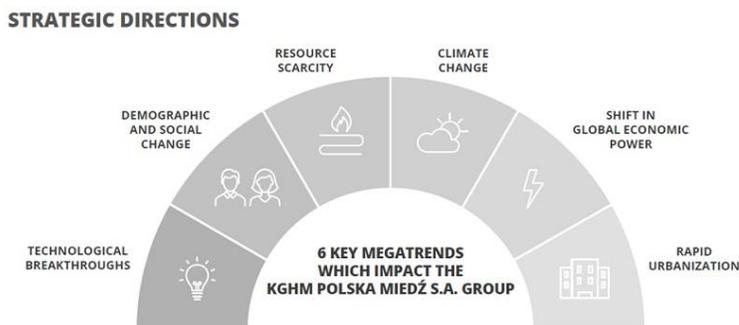
Elasticidad/Flexibilidad: Caracterizado principalmente por industria 4.0 y digitalización de sus procesos en que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integra la misma organización, personas y activos.

Eficiencia: Incremento de las competencias apalancado a través de la industria 4.0

Ecología: Foco en la producción ecológica, economía circular, desarrollo de regulaciones pro-ecologicas para atender la demanda de la electromovilidad actual.

E-Industria: Robotización, industria 4.0, sociedad basada en el conocimiento y digitalización.

Fig. N° 5: Megatendencias que impactan al grupo KGHM.



Fuente: KGHM

Las 6 megatendencias expuestas en la figura 5 son las que el grupo KGHM considera relevantes prestar atención y en base a estas configurar las 4 direcciones estratégicas para su operación.

Destacar de estas 6 mega tendencias tecnologías disruptivas, cambio climático y rápida urbanización. Por ejemplo, la electromovilidad es un avance tecnológico que necesita gran cantidad de cobre para la fabricación de autos eléctricos y el uso de estos en lugar de autos convencionales proyecta reducir las emisiones de CO₂ aliviando los efectos sobre el cambio climático asegurando la subsistencia de la población humana. Esta misma población humana consume entre 10-20 kg de cobre per capita [13], pero con el aumento de la población y urbanización la demanda aumentará drásticamente.

Se puede concluir que el grupo KGHM va más allá de la producción de concentrados de cobre y se ocupa de atender mercados de demanda actual y futura, como así también contribuir a la reducción de emisiones para una operación de carácter sustentable.

2.2.2 Antofagasta PLC (Los Pelambres-Centinela):

Posee minas de sulfuro y oxido de cobre las cuales requieren ciertas rutas de procesamiento.

Operaciones de sulfuro de cobre (Concentrados de Pelambres y Centinela): El mineral de sulfuro de cobre es sometido a molienda para reducir su tamaño para luego pasar a celdas de flotación donde se transforma a concentrados que contienen 25-35% cobre. Este concentrado es enviado a fundiciones operados por empresas externas que lo convierten en cobre metálico.

Operación de óxido de cobre (Cátodos de Centinela, Antucoya y Zaldívar): Posee mina de minerales oxidados, a veces combinados con mineral de sulfuros lixiviables, son chancados, apilados y lixiviados con ácido sulfúrico para producir una solución de cobre.

Esta solución es luego pasada a través de una planta de extracción por solventes y electrowinning (SX-EW) para producir cátodos de cobre puro los que son vendidos a fabricantes de alrededor del mundo.

Antofagasta PLC declara en su estrategia 5 pilares fundamentales los que están centrados en:

Las personas: Generar una cultura inclusiva, colaborativa y un ambiente de confianza con alto nivel de compromiso dotando a la organización de talento, capacidades y competencias necesarias para el logro de los objetivos, nuestra visión y propósito y que habiliten la estrategia, desarrollo y crecimiento sustentable del negocio.

Seguridad y sustentabilidad: La vida de nuestros trabajadores es un valor intransable. Por lo tanto, la seguridad y salud son aspectos centrales para lograr la excelencia en todo lo que hacemos. Por otro lado, la sustentabilidad es parte integral del proceso de toma de decisiones en nuestro negocio.

Competitividad: Excelencia operacional y asignación de capital

Crecimiento: Crecimiento orgánico, capacidades organizacionales para ejecución de proyectos e internacionalización, crecimiento más allá del negocio base y exploraciones

Innovación: Antofagasta Minerals fomenta la innovación como un habilitador fundamental y distintivo para mejorar la productividad, reducir costos y aumentar la eficiencia en las operaciones actuales y en futuras opciones de crecimiento. Impulsa la innovación y un proceso de transformación que dé respuesta a las necesidades del entorno, resolver los principales desafíos y generar una nueva y mejor forma de hacer minería.

2.2.3 Análisis de estrategias

La estrategia de Antofagasta PLC es igual o similar al resto de compañías mineras que operan en Chile, como ejemplo Codelco, BHP, Teck, entre otros, con foco en crear valor a los accionistas, grupos de interés mediante el descubrimiento, desarrollo y operación de activos mineros cupríferos. Se entiende de esto último que la producción de minerales de forma competitiva hasta un producto entregable en forma commodity es el objetivo y estrategia definida.

Sin embargo, el caso de KGHM proyecta su estrategia en mega tendencias mundiales y bajo este concepto se definen sus estrategias internas. Si bien es cierto que los desafíos en términos

productivos, hasta la producción de concentrados, en ambos casos son similares el compromiso y el impacto de sus subproductos son completamente distintos los que no necesariamente tienen resultados tan distintos dependiendo de diversos factores económicos, contratos, entre otros.

Para comprender la cadena de valor del cobre de las anteriores compañías mineras, se presenta a continuación el proceso productivo minero tanto para minerales oxidados como sulfurados.

Figura N° 6: Proceso productivo para la obtención de Cobre mediante minerales oxidados.



Los minerales oxidados son reducidos de tamaño generalmente mediante 3 etapas de chancado primario, secundario y terciario. Luego el producto obtenido desde estas etapas de chancado se acopian en pilas para realizar la lixiviación en que se riega el mineral con una solución de sulfúrico que percola a través de toda la pila, luego se recolectan los líquidos enriquecidos que se llevan a la planta de proceso de recuperación de la sustancia mineral.

Posteriormente mediante extracción por solventes que es una solución compuesta por diluyente y extractante se capturan los iones de cobre en forma selectiva desde la solución enriquecida del proceso anterior. De esta reacción se obtiene, por un lado una solución empobrecida en cobre que se denomina refino, y por otro lado el orgánico cargado. Este orgánico es tratado para mejorar la concentración de cobre, produciendo el electrolito.

El electrolito es llevado a la nave de electro-obtención, que contiene celdas donde está la solución y que alternan un ánodo y un cátodo, que están conectadas conformando un circuito por el que se hace transitar corriente eléctrica. El cobre en solución es atraído por el polo negativo, adhiriéndose partícula por partícula en la superficie del cátodo en forma metálica.

Figura N° 7: Proceso productivo para la obtención de cobre mediante minerales sulfurados.



Desde la mina se obtienen los minerales sulfurados obtenidos mediante perforación, tronadura y extracción del mineral. Posteriormente se realiza el carguío y transporte de estos minerales, que tienen un tamaño aproximado entre 10-100 cm, hacia la planta de chancado donde se realiza la conminución que generalmente consta de 3 etapas de chancado para entregar un producto de 6 mm a molienda donde luego se reduce el tamaño hasta aproximadamente 180 micrones.

El producto de molienda es clasificado por hidrociclones que aseguran el correcto tamaño de partícula que será enviado a flotación para la separación de los minerales sulfurados de cobre y otros elementos como el molibdeno, del resto de los minerales que componen la mayor parte de la roca original. En las celdas de flotación se realiza la concentración del cobre mediante el burbujeo de aire en una solución. Las partículas de cobre son hidrofóbicas y se adhieren a las burbujas de aire y suben a la superficie desde donde rebasan a canaletas que se encuentran a los costados de las celdas. Luego mediante el espesamiento del material y uso de grandes filtros, el concentrado es secado hasta reducir su humedad a un 9%.

En esta última etapa se obtiene concentrado de Cobre el que puede ir al mercado donde es comercializado o puede ser enviado a alguna planta de fundición donde puede ser fundido y transformado en ánodos de cobre y/o refinado para la obtención de cátodos de cobre.

2.3 Productos del negocio minero

Actualmente en Chile la industria minera del cobre comercializa principalmente dos productos, explicados en el punto anterior, que son concentrado y cátodos (SX-EW) de cobre [14]. A continuación, se describe las especificaciones de cada uno de ellos.

Concentrados de Cobre: La mayor parte del mineral de cobre que se extrae actualmente contiene cobre principalmente como calcopirita. Dado que la calcopirita por sí sola tiene solo alrededor del 35 por ciento de cobre, es difícil mejorar un concentrado por flotación a más del 25 al 28 por ciento de cobre sin perder una cantidad significativa de cobre durante los pasos de limpieza [15].

Ánodo de Cobre: El cobre blíster tiene una pureza de entre 98 y 99,5%, y su principal aplicación es la fabricación por vía electrolítica de cátodos de cobre, cuya pureza alcanza el 99,99%. También se puede emplear para sintetizar sulfato de cobre y otros productos químicos. Su principal aplicación es su transformación en ánodos de cobre. El paso intermedio en la transformación de cobre blíster en cátodos de cobre es la producción de ánodos de cobre, con cerca de 99,6% de pureza. Un ánodo de cobre tiene unas dimensiones aproximadas de 100×125 cm, un grosor de 5 cm y un peso aproximado de 350 kg.

El cátodo de Cobre: Para obtener la categoría de cátodo, el concentrado es fundido para la posterior cosecha de ánodos. Posteriormente los ánodos son refinados hasta obtener los cátodos grado A, es decir; con el nivel más alto de pureza 99,99% Cu.

Figura N° 8: Ánodos de cobre utilizados para electrorefinación y producción de cátodos de cobre.



Fuente: Codelco

Tabla Nº 2: Faenas mineras en Chile y sus productos (2018).

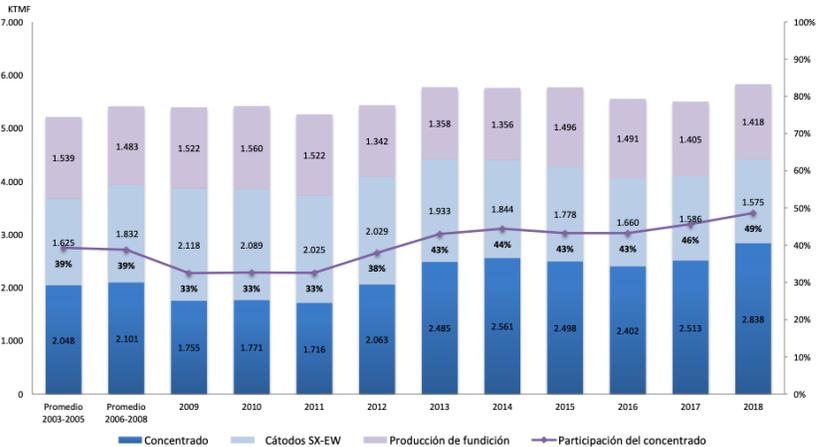
Operación	Producto Cu				Compañía Minera	Producción Cu KTMF (2020)	Observaciones
	Conc	Cátodo SX-EW	Cátodo Fure	Ánodo Fu			
Cerro Colorado		X			BHP Billiton Pampa Norte	68,9	
Doña Inés de Collahuasi	X	X			Cía. Minera Doña Inés de Collahuasi	629,1	
Quebrada Blanca	X	X			Teck	13,4	
El Abra		X			SCM El Abra	71,9	
Radomiro Tomic	X	X			Codelco	260,6	
Chuquicamata	X		X		Codelco	400,7	
Antucoya		X			Minera Antucoya	79,3	
Spence		X			BHP Billiton Pampa Norte	146,7	
Centinela (óxidos)	X	X			Minera El Tesoro	93,3	
Gaby		X			Codelco	102,1	
Lomas Bayas		X			Cía. Minera Xstrata Lomas Bayas	73,9	
Zaldívar		X			Cía. Minera Zaldívar	96,5	2% Concentrado Cu; 98% Cátodo Cu
Escondida	X	X			Minera Escondida Ltda.	1187,3	
Alto Norte				X	Complejo Metalúrgico Alto Norte	-	
Ministro Hales	X				Codelco	170,6	Conc. Procesados en Chuquicamata
Sierra Gorda	X				Sierra Gorda SCM	156,1	
Franke		X			SCM Franke	-	
Salvador	X		X		Codelco	56,3	Fundición concentrados en Potrerillos
Enami FHVL			X		Enami	-	
Candelaria	X				Cía. Contractual Minera Candelaria	94,8	
Caserones	X				SCM Minera Lumina Copper	126,4	
Carmen de Andacollo	X				Cía. Minera Teck Carmen de Andacollo	57,4	
Los Pelambres	X				Minera Los Pelambre	372,1	
Ventanas			X		Codelco	-	
El Soldado	X			X	Anglo American Sur	78,6	Fundición concentrados en Chagres
Andina	X				Codelco	184,5	
Los Bronces	X	X			Anglo American Sur	370,5	
El Teniente	X			X	Codelco	443,2	Fundición concentrados en Caletones

Fuente: Datos producción, Consejo minero. Datos tipo producto, elaboración propia.

Como se observa en la tabla 2 los procesos de estas faenas mineras tienen como resultado la obtención de concentrados, cátodos y ánodos de cobre. Se puede notar que la producción de ánodos de cobre está limitada a sólo 3 faenas que son Alto Norte, El Soldado y El Teniente. Situación similar a lo anterior, para la producción de cátodos – FuRe – estos son producidos en Salvador, Enami FHVL, Chuquicamata y Ventanas. Finalmente, se observa que la mayoría de las faenas en Chile operan para producir concentrados de cobre y cátodos (SX-EW).

Visto de otra forma, la producción global por tipo de producto de cobre se muestra en la siguiente gráfica.

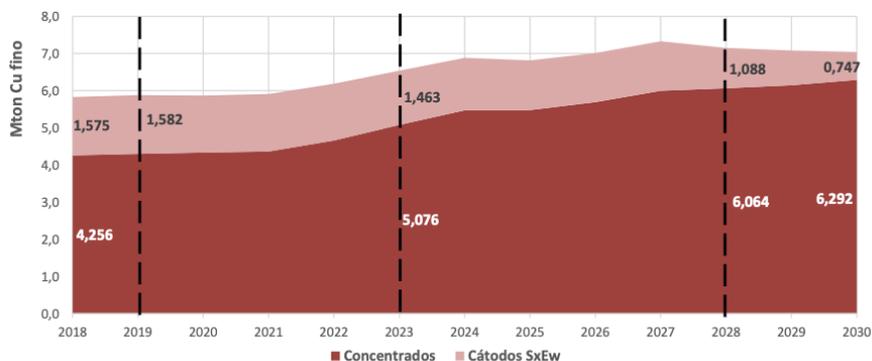
Figura N° 9: Producción de Cobre por tipo de producto 2003-2018.



Fuente: Consejo minero, Cifras actualizadas de la minería 2019.

En el periodo del 2003 al 2018, de la figura 9, se muestra un incremento en la producción de concentrados de cobre, alcanzando en el 2018 su máximo valor con 2.838 kt que representa un 49% del total. Por otra parte, existe una reducción en la producción de cátodos de cobre (SX-EW), alcanzando sus valores más bajos con 1.586 y 1.575 kt entre 2017 y 2018 respectivamente. En el caso de la Fu-Re se puede apreciar que se mantuvo la producción constante, con un valor promedio de 1.457 kt aproximadamente.

Figura N° 10: Producción de cobre 2018 y proyección 2019-2030, según producto



Fuente: Cochilco.

De la figura 10 se estima que, si la producción hidrometalúrgica esperada disminuye un 52,6% hacia el 2030 con respecto a la producción del año 2018, a una tasa de decrecimiento anual de un 6%, la producción esperada de cobre fino contenida en concentrados aumentaría desde las 4,3 millones de toneladas de cobre fino en 2018 hasta 6,3 millones de toneladas de cobre fino en concentrados en 2030, un aumento de un 47,8% en el periodo analizado, a una tasa de crecimiento anual de 3,3%.

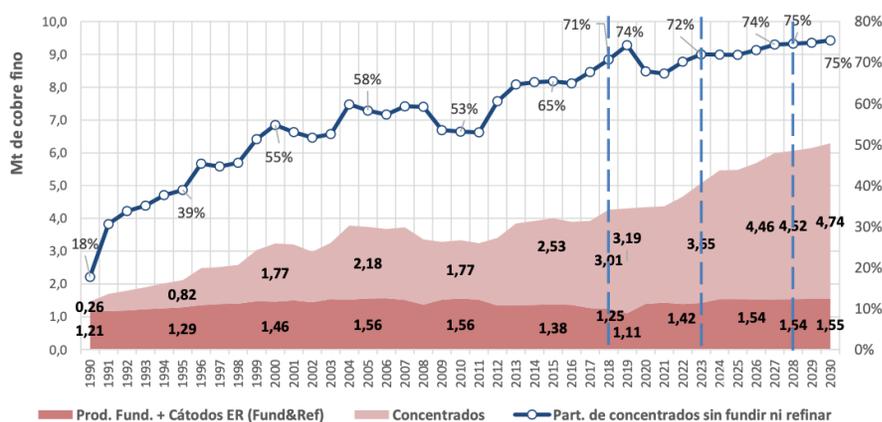
Esto quiere decir, de acuerdo a lo expuesto en tabla 2, que las faenas mineras transformarán, en el mediano plazo, su cadena productiva principalmente hacia la elaboración de concentrados de cobre quitándole aún más valor a la cadena productiva en términos generales. Si bien es cierto, no es una decisión estratégica de las propias compañías mineras sino más bien una realidad geológica, esto requiere la acción temprana tendiente de establecer medidas para ajustarse a las nuevas tendencias y responder a los nuevos paradigmas productivos mineros.

Similar a lo ocurrido con las fundiciones y refinaciones, periodos anteriores, China aumentó notablemente su poder de fundición y hoy prácticamente forma un cartel que definen a nivel mundial los costos asociados a fundición y refinación (TC/RC)[16]. Esto perjudica directamente a las fundiciones locales haciéndolas cada vez menos competitivas. Es por esto que al aumentar aún más las exportaciones de concentrado otorgaría más dependencia de las fundiciones internacionales y en particular de las localizadas en China.

Lo antes expuesto, afecta la cadena de valor productivo incluso haciéndola retroceder a etapas previas como podría ocurrir convertir el proceso sólo hasta la producción de concentrados. En consecuencia, los productos se verían cada vez más afectados a multas por fundición y refinación en otras localidades, altos contenidos de impureza debido a la realidad geológica actual, más dependientes de los valores futuros del cobre, entre otros.

En resumen, la producción de refinados en nuestro país va en fuerte caída debido a la inexistencia de nuevos proyectos hidrometalúrgicos, dejando una capacidad instalada sin utilizar cercana a las 1,3 millones de toneladas, sumado a que el incremento en producción de minerales sulfurados no necesariamente se traduciría en aumento de producción de FURE en nuestro país. La producción de concentrados sin refinar en nuestro país irá aumentando desde el 71% de participación en la producción total de concentrados en 2018 a un 75% hacia 2030, pasando de exportar alrededor de 3 millones de toneladas cobre fino en concentrados, en torno a las 10,51 millones de toneladas métricas secas de concentrados, a alrededor de 4,74 millones de toneladas de cobre fino hacia 2030, aproximadamente 16,9 millones de toneladas métricas secas de concentrados.

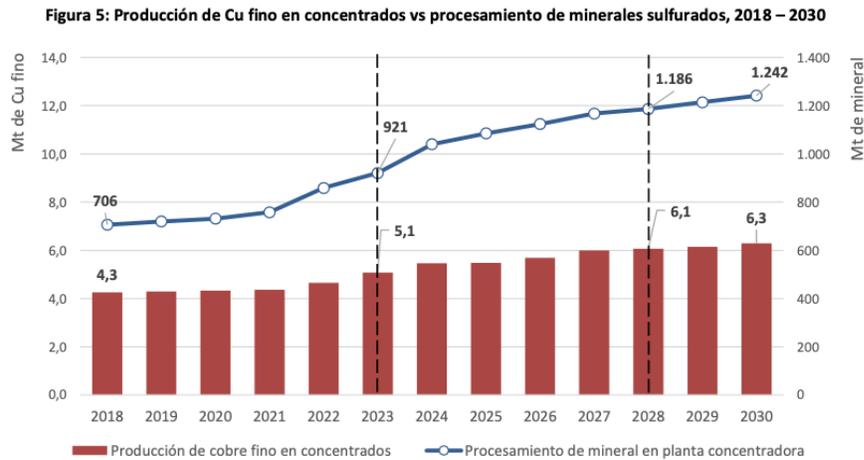
Figura N° 11: Producción de concentrados refinados y sin refinar, histórico y esperada



Fuente: Cochilco

Este aumento de la producción esperada de concentrados en un 47,8% hacia 2030 vendrá de la mano del consiguiente aumento del procesamiento de minerales sulfurados en plantas concentradoras, que se espera que pase de las 706 millones de toneladas en 2018 a 1.242 millones de toneladas hacia 2030, que corresponde a un crecimiento de 75,8% (Figura 8).

Figura N° 12: Producción de Cu fino en concentrados vs procesamiento de minerales sulfurados, 2018-2030



Fuente: Cochilco

2.3.1.1 ¿Concentrados o cátodos de cobre?

Del punto anterior se estableció que los concentrados y cátodos (SX-EW) y de cobre son los productos que predominan en las actuales compañías mineras del país. También se mostró que las proyecciones establecen que predomina la producción futura de concentrados de cobre. En este aspecto, la respuesta del punto en referencia es claro y la estrategia de las compañías mineras en los próximos años va a apuntar hacia la producción de concentrados de cobre.

Según los antecedentes anteriores, se observa que la tendencia productiva futura se ajusta hacia un modelo mono-productor, lo que representa una nueva amenaza para la integración vertical no prevista en el análisis FODA (tabla 1). La reducción en la producción de cátodos de cobre vía SX-EW (fig. 10) y la baja competitividad de las Fu-Re en la producción de cátodos electrolíticos refinados, potencia aún más las debilidades del negocio minero expuestas en el análisis FODA (tabla 1). Por lo anterior, es mandatorio implementar estratégicamente la integración vertical del cobre en la cadena productiva para revertir esta realidad, de tal modo, desincentivar la dependencia del precio y demanda del cobre, impactar en los costos de tratamiento y refinación por la formación de carteles de fundiciones que reducen la competitividad, avanzar en aprovechar la futura demanda de alambre de cobre que va a requerir de nuevos competidores para abastecer este mercado, entre otros.

De las estrategias obtenidas desde el análisis FODA (tabla 1), se resumen a continuación las que son motivo de análisis para avanzar hacia un proceso integrado:

1. Evaluar rentabilidad financiera de una compañía minera no integrada versus una integrada.
2. Plan de modernización de fundiciones y/o implementación de nuevas fundiciones de clase mundial para mejorar costos de tratamiento y refinación.
3. Diversificación de la producción favoreciendo la producción competitiva fomentando el desarrollo industrial.

El desarrollo del punto 1 es el fundamental, puesto si no es rentable es imposible avanzar con el resto de las estrategias. Por lo que se dará foco a esta evaluación y se extenderá el análisis en la sección método experimental de este estudio. Para el caso del punto 2, la modernización o implementación de fundiciones de clase mundial es el paso siguiente en que se debe avanzar, una vez determinada la rentabilidad de un proceso integrado. Finalmente, el punto 3 dependerá estrictamente del desempeño de la operación, producción, demanda, entre otros, no obstante al igual que el punto 2 se requiere el análisis del punto 1 para avanzar con esta estrategia.

2.4 Fundiciones de cobre y TC/RC

Las principales fundiciones se han concentrado en China¹ denominado CSPT (China Smelter Purchase Team) formando un “cartel” debido a un incremento de capacidad, donde han concentrado un porcentaje de 20% de la capacidad de fundición mundial, lo anterior sumado a la posición estratégica de producción y ensamble configura en el país asiático una posición dominante y de ventaja respecto a los productores tradicionales como Chile. Estas mismas fundiciones se asocian para acordar términos de compra internacional de manera coordinada, fijando cargos mínimos (TC/RC) y cuotas. El CSPT está compuesto por 10 miembros y liderado por Jiangxi Copper; quien negocia los contratos anuales con las empresas mineras y establece los cargos mínimos de tratamiento para la importación de concentrados a China.

¹ <https://www.mch.cl/reportajes/fundiciones-en-chile-una-discusion-necesaria/>

Así mismo, el aumento del contenido de impurezas de los concentrados de cobre y los residuos que generan durante el proceso de fundición, eventualmente harían decidir a las fundiciones chinas, dada la creciente exigencias medioambientales, si optan o no por fundir concentrados producidos a nivel local. Esto es un punto muy importante que reduciría aún más la competitividad [17]_queda en evidencia en la tabla 3 y también la comercialización de los actuales productos de cobre generando una fuerte dependencia de las fundiciones chinas en desmedro de las fundiciones locales. En consecuencia, aumentando la pérdida de valor en la cadena productiva.

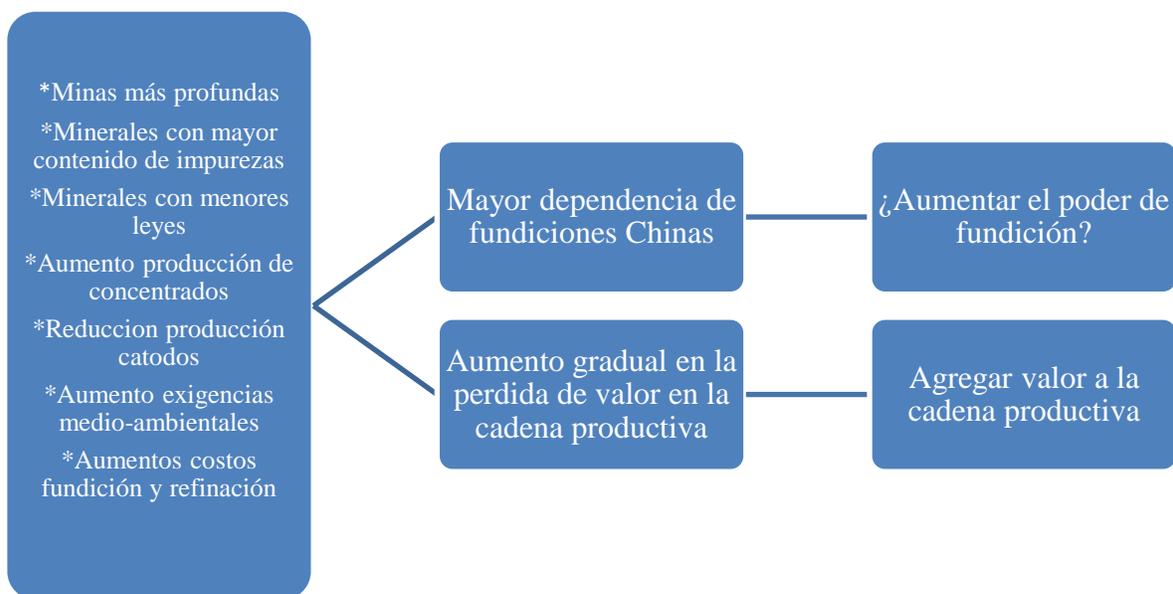
Tabla N° 3: Comparación de Fures Chilenas versus competencia.

Parametro	Unidad	Fundiciones Chinas	Fundiciones Japonesas	Fundiciones Alemanas	Fundiciones Chilenas
Capacidad de fusión	Kta	1000-1500	1200	1200	320-1000
Captura de azufre	%	98	99	98,5	95
Costo unitario	cUS\$/lb	13	18	19	22-40
Recuperación de Cobre	%	98-98,5	98-99,5	98	95-97,4
Recuperación de energia	Si/No	Si	Si	Si	No
Recuperación de otros metales	Si/No	Si	Si	Si	No

Fuente: Enami 2015

En la actualidad la minería tiene desafíos importantes ligados principalmente al procesamiento de minerales de baja ley, extracción de recursos desde puntos cada vez más profundos, aumento contenido de impurezas en minerales, escasez de reservas mineras de clase mundial, cumplimiento de exigentes normas ambientales, royalties mineros, entre otros. Estos constituyen un paquete de desventajas (figura13) que amenazan la competitividad de los actuales productos de cobre en etapas posteriores de comercialización.

Figura N° 13: Serie desventajas que impulsan integrar verticalmente la producción de Cobre



La figura 13 muestra de forma resumida el paradigma actual del proceso productivo minero. Se observan las desventajas que desafían a los stakeholders durante el proceso de producción del cobre. Cada una de estas desventajas tiene su propio peso relativo, no obstante su impacto grupal apalancan la decisión de reducir la dependencia de fundiciones Chinas, fortaleciendo las propias e inclusive evaluar la opción de incrementar el poder de fundición. Adicionalmente, el aumento de producción de concentrados y la reducción de producción de cátodos vía SX-EW influyen sobre la necesidad de evitar la pérdida gradual del valor en la cadena productiva, solicitando evaluar estratégicamente la factibilidad de integrar la producción del cobre.

La eficiencia del proceso minero ha mejorado en las últimas décadas, sin embargo se mantiene la amenaza de minas de baja calidad y déficit de tecnologías que faciliten la extracción de minerales a mayor profundidad. Lo anterior, propicia a una revisión global del negocio minero tal que se adapte a los presentes paradigmas de procesamiento. Es decir, contra más costosa se vuelva la etapa extractiva, más valor toman los productos y/o sub-productos que son posibles elaborar a través de ellos. Así la alternativa de generar economías de integración de operaciones combinadas favorecería la reducción de riesgos y costos de las etapas previas [18] resultando en un proceso global más eficiente.

También se vuelve necesario unificar procesos estratégicos en las operaciones mineras, de manera tal optimizar al máximo el uso de recursos, como por ejemplo; disminuyendo pasos en los procesos productivos, costes de manejo, costes de transporte y utilizar la capacidad ociosa proveniente de las indivisibilidades de una etapa [18]. Esta optimización productiva conduciría a la elaboración de productos con menor impacto al medio ambiente, lo que estaría alineado, por ejemplo; con las megatendencias declaradas por la empresa minera – integrada - KGHM. Por lo tanto, la idea de integrar el negocio minero actual hacia productos semi-terminados adquiere fuerza y debe ser considerado en la hoja de ruta de las próximas décadas.

Como se planteó al comienzo de este trabajo, el desafío es determinar si es posible integrar verticalmente la cadena productiva hacia productos semis. Sin embargo, es necesario considerar y exponer la necesidad de un macroentorno que impulse la competitividad de la industria, debido a que sin una capacidad nacional de fundición competitiva es inviable producir la materia prima fundamental (cátodos de cobre) que abastecen los hornos de colada continua para el diseño de una industria complementaria. Por lo que se debe actualizar y/o implementar poder de fundición para asegurar el suministro de materias primas para los hornos de colada continua (CC). También evaluar la rentabilidad de la manufactura de alambrón (WR) y la implementación de su tecnologías las que se estudiaran a continuación.

CADENA DE VALOR DEL MERCADO DEL COBRE

3.1 Integración vertical del cobre

Antes de proponer la posibilidad de integrar verticalmente la cadena productiva del cobre, ya sea por las propias compañías mineras, a través de un “joint venture”, una subsidiaria, entre otras, es necesario revisar que se ha hecho a la fecha en la elaboración de productos Semis a nivel local. Es decir, cual ha sido la experiencia a la fecha, nivel de producción, mercados que abastecen, entre otros.

3.1.1 Industria manufacturera del cobre

La industria manufacturera de cobre en Chile se caracteriza por estar conformada por un grupo pequeño de medianas empresas (tabla 4), la mayoría de capitales nacionales y que facturan anualmente unos 600 millones de dólares con un promedio de 46 años [19].

En la siguiente tabla se muestran las principales empresas manufactureras a nivel nacional.

Tabla N° 4: Actividades y productos de empresas manufactureras de cobre en Chile

Nombre	Actividad	Principales productos
Quimetal Industrial S.A.	Fabricación y comercialización de productos químicos	Fungicidas de cobre, derivados de azufre y de molibdeno
Kabelco	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables de Cobre de baja tensión y alambón de Cobre
General Cable (ex COCESA)	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables de cobre de baja, media y alta tensión, y alambón de cobre
Nexans Cobre S.A.	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables de cobre de baja, media y alta tensión, y alambón de cobre
Covisa S.A.	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables de Cobre de baja tensión y Alambón de Cobre
EPC - Elaboradora de Productos de Cobre S.A.	Fabricación y comercialización de cañerías de cobre	Cañerías de cobre
Brasscopper Chile S.A. (ex Coproin)	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables de cobre y aluminio de baja tensión
Cembrass S.A.	Fabricación y comercialización de productos de latón y alambón de cobre	Productos de latón y alambón de cobre
Raigmaro	Fabricación y comercialización de conductores eléctricos	Cables y alambres de cobre

Fuente: Cepal - Serie desarrollo productivo N° 2013.

La actividad se concentra en la manufactura para abastecer principalmente al mercado eléctrico y así mismo ha eliminado otros productos menos competitivos reduciendo su desarrollo sostenidamente en el tiempo. Es el caso, por ejemplo, del cierre de Madeco Mills S.A. que fabricaba tubos de cobre y por la pérdida de competitividad, costos de energía y productos sustitutos decide dar término a esta unidad de negocio [20] dando paso a la fabricación de “*tetra packs*”.

Como se muestra en la tabla anterior, principalmente estas empresas se dedican a la fabricación de conductores eléctricos, es decir: cables, alambón y alambres de cobre. Las empresas más relevantes son General Cable y Nexans quienes tienen un 48,36% y 33,93% respectivamente en participación de la cuota productiva global que equivale a 57,000 y 40,000 toneladas de cobre.

Las empresas manufactureras antes mencionadas se encuentran ubicadas en Santiago o Viña del mar y el abastecimiento de materias primas (cátodos de cobre) por razones logísticas provienen

principalmente desde fundición Codelco Ventanas, ya que los costos de transporte son un factor que influye directamente en la elaboración de productos semis.

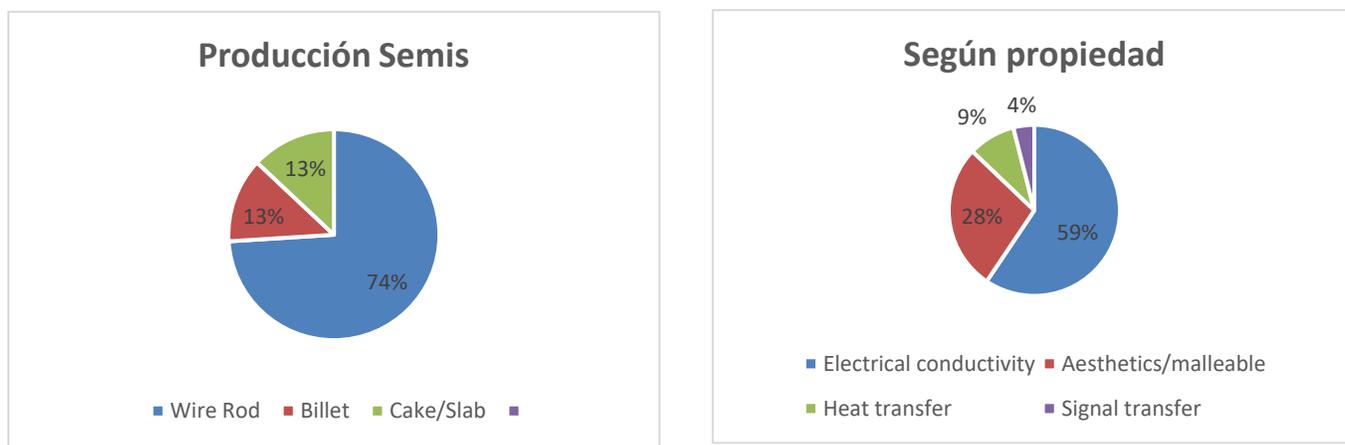
La ley chilena 16.624 regula y asegura el abastecimiento de compañías productoras de cobre a la industria manufacturera. En la tabla 5 se muestra las cuotas distribuidas entre los periodos 2010-2016.

Tabla N° 5: Reservas de cobre por empresas manufactureras beneficiadas de la ley 16.624 (2010-2016)

Empresa	Cantidad de cobre (miles tn.)	Participación en la cuota global (%)
General Cable/Cobre Cerrillos S.A.	429,9	46,29
Nexans Chile S.A./Madeco	333,6	35,92
COVISA	41,2	4,44
CEMBRASS	39	4,20
Kabelco	31,2	3,36
Quimetal	17,8	1,92
Brascopper/Coproin	17,8	1,92
Casa Moneda	6,2	0,67
Coppertec	3	0,32
Armat	3	0,32
Raigmaro	2,5	0,27
Ticsa	1,8	0,19
Equip	0,8	0,09
Conmetal	0,4	0,04
Offermanns Flood	0,2	0,02
Argenta	0,2	0,02
Adesa	0,1	0,01

Fuente: Elaborado en base a información de la Comisión Chilena del Cobre.

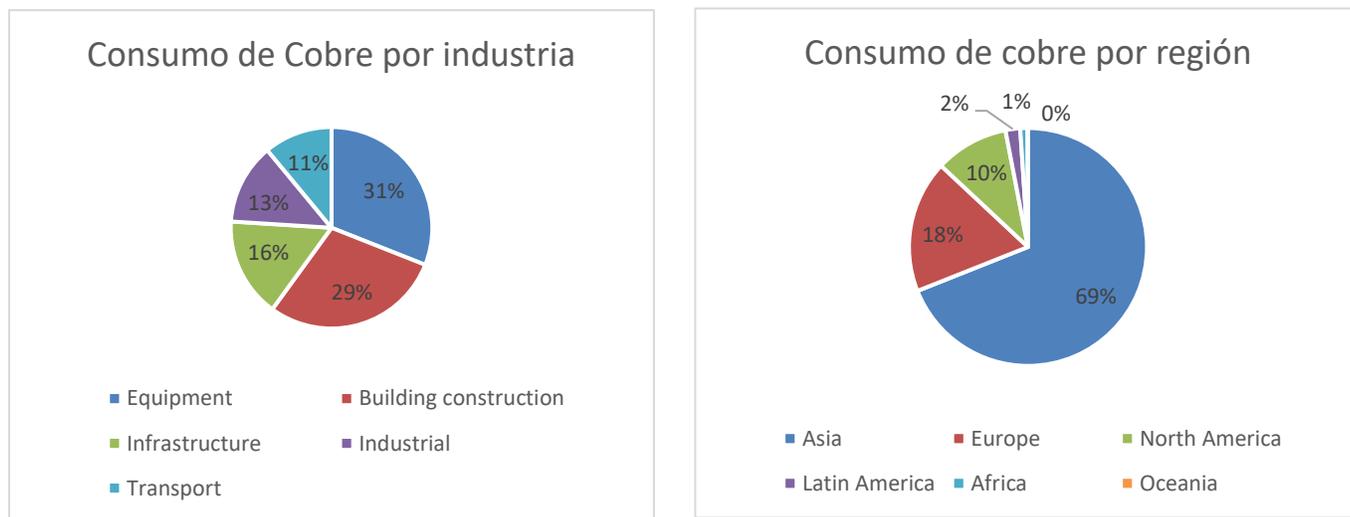
Figura N° 14: Producción a nivel mundial y según propiedad



Fuente: Wood Mackenzie

La tendencia que ha seguido la industria manufacturera en Chile está relacionada directamente con la producción mundial en particular en el caso de la elaboración de productos semis dominada por la producción de alambón (WR) con un 74% y por otra parte según su propiedad en uso es la utilización en los mercados eléctricos con un 59%.

Figura N° 15: Consumo cobre por industria y región



Fuente: ICSG

En el caso del consumo por industria dominan la fabricación de equipamiento (OEM) y construcción de edificios con un 31% y 29% respectivamente.

3.1.2 Desarrollo y mercado de la industria manufacturera

La industria manufacturera nacional ha impulsado el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías vinculadas principalmente a la compra de maquinaria para reducir sus costos, aumentar nivel producción y desarrollar nuevos productos a modo de ser más competitivos, lo que está alineado con la tendencia mundial en inversión de maquinaria y automatización.

La producción en la que se ha enfocado la industria manufacturera de cobre local se ajusta al predominante a nivel mundial, es decir; principalmente en la elaboración de alambón (figura 14) y alambre de cobre [21].

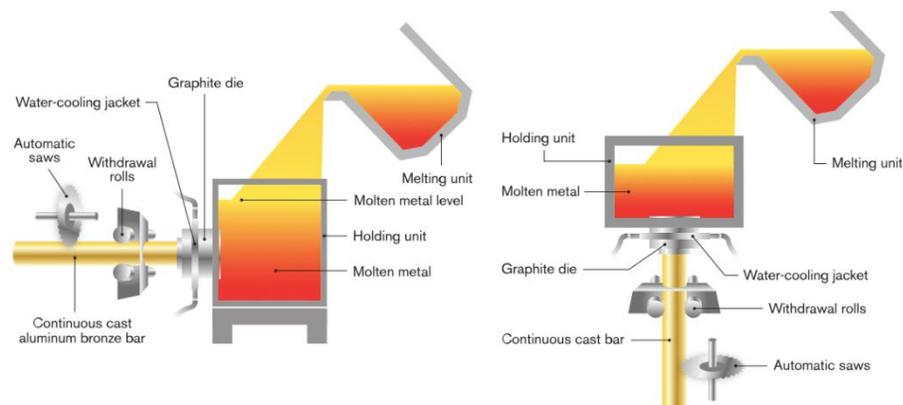
El mercado para este producto se divide en baja tensión que posee un alto nivel de comoditización con baja diferenciación y media-alta tensión en la que existe mayor margen para la diferenciación con fabricación a la medida de los clientes [19].

3.1.3 Tecnologías de fundición de Cobre (Continuous Casting)

La colada continua (CC) de un metal es el proceso en el cual un metal fundido es vertido a través de una cavidad de un molde de extremos abiertos que tiene lados refrigerados por agua y un fondo móvil. A medida que el metal caliente es alimentado desde la parte superior de la cavidad, este se solidifica desde las paredes interiores. Cuando se solidifica un espesor suficiente, el fondo se retira a una velocidad igual a la velocidad de alimentación del metal fundido [22]. El resultado es un producto continuo que tiene la forma externa de la cavidad del molde. Las formas pueden ser; redondeadas, como en la fundición por extrusión de palanquillas de latón o alambros de cobre; huecas, como anillos y camisas de bronce; o perfiladas, como en engranajes huecos.

Existen dos tipos de máquinas fundidoras de alambros, una horizontal y otra vertical las que son ilustradas en las siguientes figuras.

Figura N° 16: Esquema de colada continua horizontal y vertical para la producción de alambros.



Fuente: <https://www.concast.com/production.php>

Habitualmente se utilizan hornos de fusión ASARCO de eje vertical para la producción de metal líquido en la fundición continua de alambros. Este horno que se utiliza para fundir chatarra y

formas metálicas refinadas (cátodos). Sobre él se dejan caer piezas de metal en el horno para formar una carga de piezas que se apilan unas sobre otras en el eje. Los quemadores se encienden en el eje para derretir la carga de piezas de metal, y el metal fundido se drena hacia afuera a través de una salida en la parte inferior del eje [23]. Mientras que los hornos de inducción son comúnmente usados para las aleaciones de cobre.

La fundición semi-continua directa es usada para producir bloques rectangulares para subsecuentes laminado a planchas y palanquillas cilíndricas para forjado y extrusión. Este método es aplicable para cobre y sus aleaciones. El fundido es vertido a través de un revestimiento grafítico, molde enfriado en agua, el cual es en forma de un collar de aproximadamente 30 cm de largo. La base de la cavidad del molde es inicialmente tapado por un bloque de acero enfriado. Rápidamente la acción del enfriamiento causa los lados y base de la fundición a solidificar. Una vez que un tapón sólido se ha formado la base del molde se retira lentamente. Los moldes refrigerados por agua vibran con una desviación vertical de 0.5 a 5 cm a 20-30 strokes/min. Las tasas de fundición en prácticas comerciales son de aproximadamente de 4-5 mT/h

En la industria de metales no ferrosos, la colada continua fue el primer método utilizado para fundir metales como Aluminio, Plomo y Zinc debido a su relativo bajo punto de fusión. Luego en 1960 la colada continua fue introducida a la industria del Cobre y se volvió atractivo para producir altos volúmenes de productos estandarizados.

Hoy existen varios sistemas integrados para producir alambraón forma desde la cual los conductores de cobre son conformados. Estos son al menos 6 sistemas de colada continua (CCR).

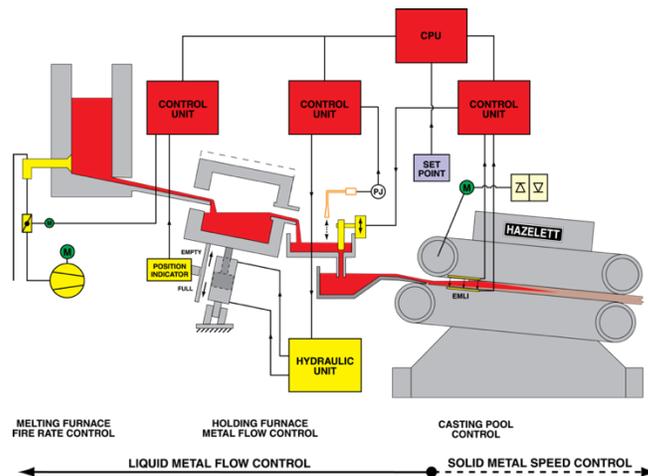
1. Contirod (Krup-Hazelett) (*)
2. Southwire
3. General Electric Dip Forming
4. Outokumpu Upcast (**)
5. Continuous Properzi
6. Lamitref Process

3.1.4 Sistemas de colada continua de cobre

En esta sección, se explicará en particular los procesos “Contiroad” y “Upcast” dado que estos son los sistemas utilizados por la compañía KGHM en su operación en la planta de alambión de cobre Cedynia, ubicada en Orsk, en la región de Baja Silesia en Polonia.

Proceso Contiroad®: El sistema Contiroad-Hazelett incorpora un horno ASARCO, máquina bandas gemelas Hazellet y un continuo tren de laminación de alambión automático.

Figura N° 17: Esquema proceso Contiroad-Hazelett

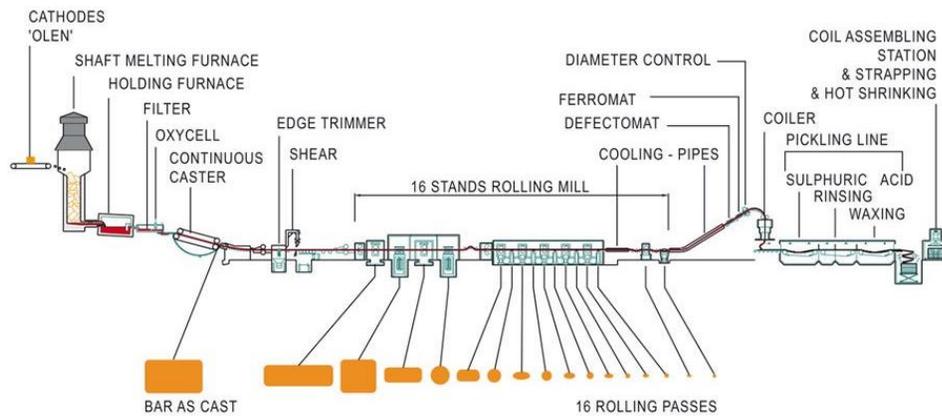


En la figura 17, se muestra que los cátodos de cobre son fundidos en un horno de eje y luego cargado en un horno de retención. Antes de que el metal líquido ingrese a la máquina Hazelett se mide el contenido de oxígeno mediante una oxy-celda. Luego el alambión es fundido entre dos bandas gemelas de acero en movimiento de la máquina Hazelett y para ser posteriormente enfriado.

La barra rectangular de 9000 mm cuadrados de superficie máxima es laminada por un tren de laminación Krupp de 16 paso con una velocidad de 9-12 m/min. Finalmente es recogido y enrollado (ver figura 18, abajo)

El proceso produce cobre con grano fino y estructura laminar. El rango típico de la sección transversal varía desde 120 mm por 50 mm a 140 mm por 70 mm. Cuando opera a tamaño de sección menores, la máquina produce sobre las 40 ton/h.

Figura N° 18: Proceso de producción Contirod®



Fuente: Aurubis, Contirod plan (Avellino, Olen)

Este proceso tiene algunas ventajas metalúrgicas como:

Un flujo tranquilo y no turbulento del metal líquido que ingresa a la máquina Hazelett a una temperatura relativamente baja (1105-1100 °C). Como resultado se obtiene una estructura de grano fino y buena distribución de oxígeno.

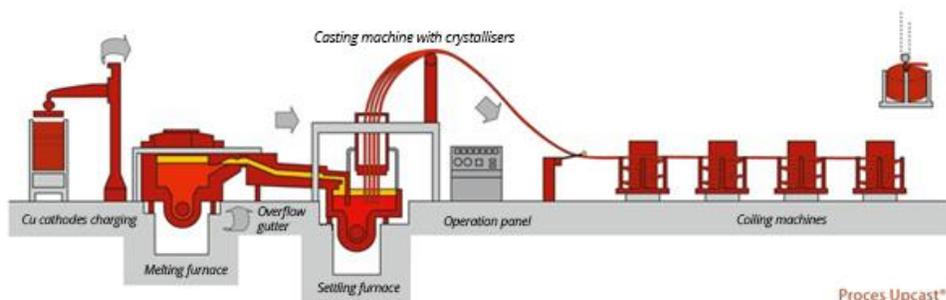
- Solidificación recta y simétrica, sin grietas.
- Una gran sección transversal que hace posible una gran capacidad
- Pequeño ángulo de fundición (+/- 15%), se evitan grietas y estiramientos cuando se tensa el alambre.
- Superficie libre de oxígeno debido al proceso de decapado

Las especificaciones de las instalación Krupp-Hazelett resultan en buenas propiedades de producto final. La demanda que hacen los clientes respecto al producto son los siguientes: Buena conformabilidad, Bajo temperatura de recristalización, Bajo desgaste de las matrices, entre otros, los cuales son satisfechas por este sistema de producción.

Minera KGHM utiliza en su proceso aguas abajo² para la producción de alambón de cobre los procesos Contirod y Upcast.

En la primera fase del proceso de producción de Contirod, los cátodos se alimentan a un horno de fusión de Asarco, que funde 45 toneladas de cobre por hora a 1120 ° C. Luego, el cobre fundido se transporta a través de un sistema de canalones a un horno de sedimentación con aprox. 20 toneladas de capacidad. El cobre líquido, dispensado en una máquina de colada Hazelett, cristaliza en una hebra con una intersección de 60 x 122 mm. La hebra de cobre, colada a una velocidad de 12 m / min y a 850 ° C, se somete luego a conformado de plástico en 16 cajas de rodillos. El producto final es alambón de 8 mm de diámetro, enrollado en bobinas de 5 toneladas y protegido con una capa de cera sintética contra la oxidación secundaria.

Figura N° 19: Proceso Upcast®



En la línea Upcast, que consta de sistema de carga de cátodos, horno de fusión, horno de decantación, máquina de colada con cristalizadores para colada vertical y bobinadora, se fabrica alambre de cobre libre de oxígeno.

² <https://kghm.com/en/our-business/processes/down-stream-processing>

En el proceso Outokumpu Upcast, el metal es empujado hacia arriba directamente desde el baño fundido a través de un enfriador de agua vertical, matriz de grafito revestida en cobre (agregar figura). Para asegurar una buena calidad superficial, la matriz grafitica es pulsada longitudinalmente de 100 a 200 strokes/min. La velocidad de fundición promedio es de 1 m/min. Para extender la vida del molde, el cobre a ser fundido debe ser libre de oxígeno; sin embargo, el proceso Upcast también es usado para producir alambón de aleaciones de cobre.

En este proceso de fundición los cátodos de cobre son fundidos en un horno de inducción luego de esto el cobre líquido es cargado en un horno de retención. Para prevenir la oxidación del metal líquido es cubierto con polvo grafitico. Una matriz vertical enfriada a baja presión succiona el metal líquido, donde el cobre solidifica.

El diámetro del alambre puede variar entre 8 a 25 mm. La velocidad de conformado es limitada y tiene un máximo de 1.5 m/min. Para mantener niveles de salida económicos, el fundidor debe tener un numero de alambres simultáneos de salida. Cada hebra puede producir 1000 toneladas por año. A continuación se describen los principales productos de estos procesos [22].

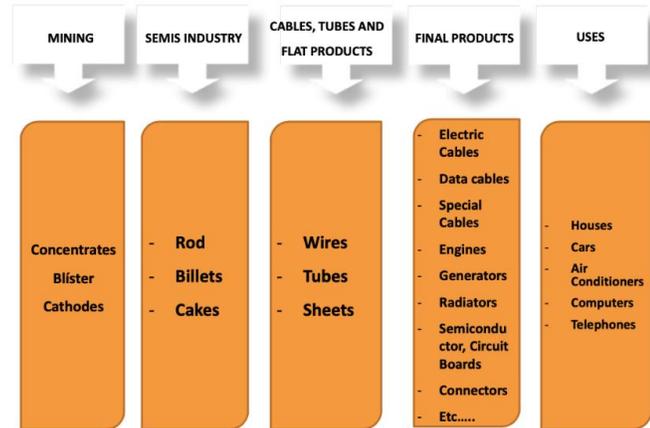
Wire rod (WR): Los “wire rods” o alambón constituye la unidad de medida estándar para la comercialización de materias primas de cobre. El alambón es un lingote en forma de “cigarro” con una sección transversal aproximadamente cuadrada y extremos cónicos. Los requerimientos de calidad son mencionados en la norma ASTM B5. Junto con la composición química, propiedades físicas, pesos, mano de obra, acabado y apariencia. El estándar especifica dos unidades de medida 91 a 104 Kg y 109 a 136Kg. Ambos tipos son de 137,2 cm de largo y la versión más pesada es ligeramente más ancha.

Billets: Los billets o palanquillas son fabricadas por colada continua. Las palanquillas por extrusión son fundidas como cilindros sobre los 300 mm de diámetro y un peso entre 45 y 180 Kg. Para algunas aplicaciones las palanquillas son fundidas en forma rectangular sobre 7,4 metros de largo y peso sobre 12,5 toneladas.

Ingots y Cakes: Los lingotes son fundidos directamente en moldes metálicos. Las formas varían desde oblicuas (por refundición en fundiciones) hasta cakes (grandes bloques adecuadas para

laminado a placas o planchas). Los lingotes son fundidos continuamente y semi-continuamente. Las dimensiones no están estandarizadas pero fijadas por refinadores o requerimientos de clientes. Los bloques o cakes pueden ser sobre 300 mm de espesor y pesar unas 30 toneladas.

Figura N° 20: Cadena Manufacturera de Productos y Subproductos de Cobre



Como se mostró en la figura 14, la producción de alambro de cobre es de un 74% y en el caso de billets y cakes es de un 13% [21]. En base a estos antecedentes es fácil notar que en la cadena de manufactura de la figura 20 existe un mercado importante que abastecer, considerando también el rol crítico que desempeña el cobre para lograr carbono neutralidad en las próximas décadas para el suministro de alambre en la fabricación de autos eléctricos [24].

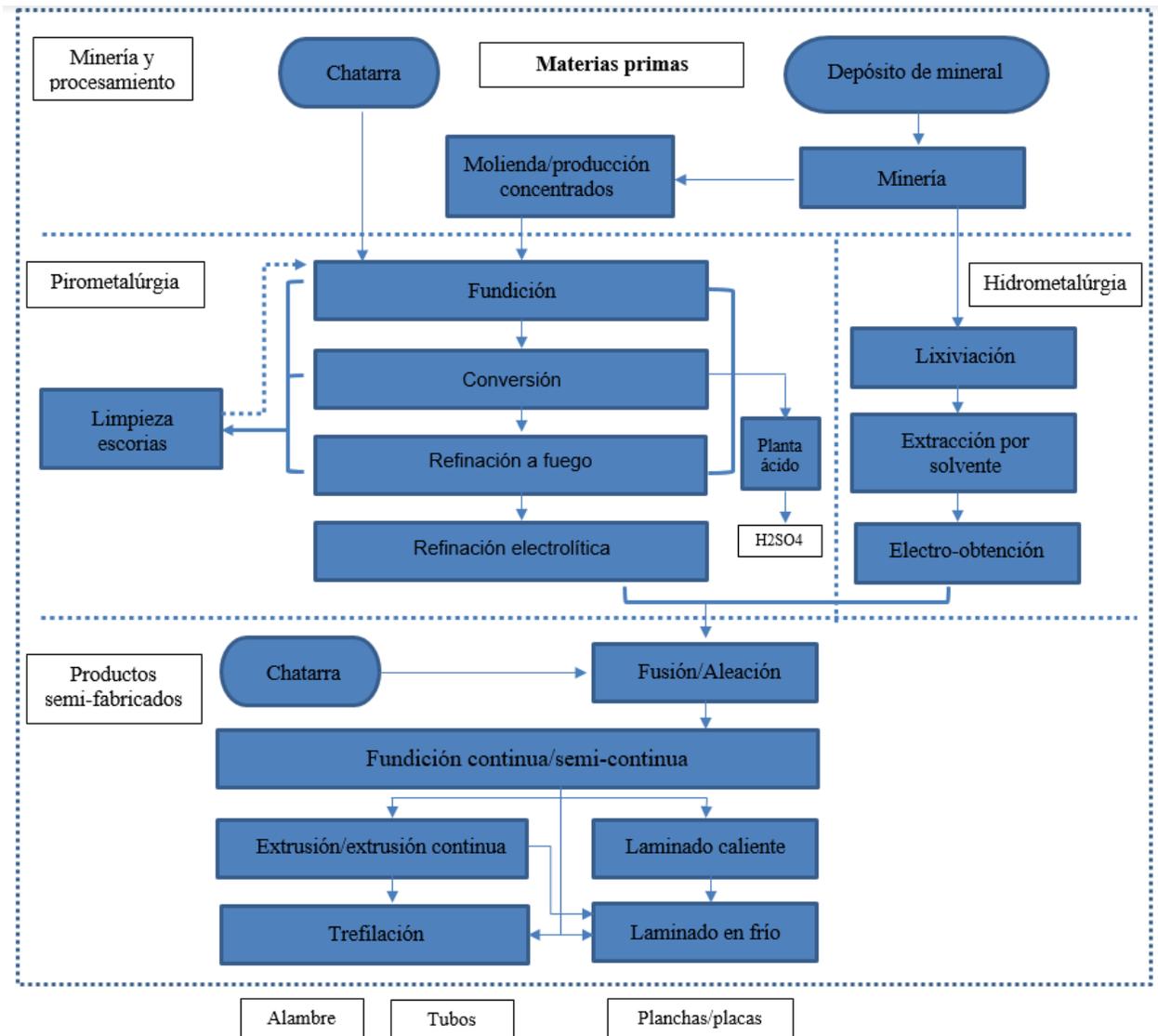
Para la fabricación de alambro de cobre se privilegia el uso de tecnologías como Contirod y Upcast considerando la experiencia de KGHM³. El uso de estas tecnologías favorecen los resultados en los productos obtenidos, reduciendo los defectos metalúrgicos que puedan afectar a los usuarios finales.

³ <https://kgm.com/en/our-business/processes/down-stream-processing>

3.2 Circuito productivo integrado del cobre

En la siguiente sección se muestra el circuito integrado desde el proceso minero hasta la elaboración de semi productos comerciales.

Fig. N° 21: Diagrama ciclo completo integrado hasta la fabricación de alambroón de cobre.



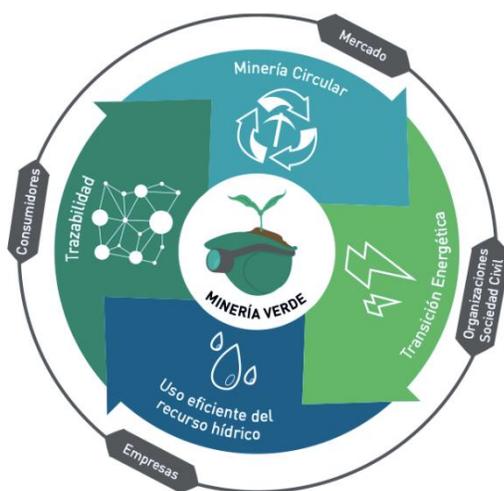
Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se muestran los 3 procesos productivos integrados, minero, metalúrgico de procesos y adaptivo los que interactúan en un proceso continuo para la fabricación y obtención de semi-terminados como alambroón, tubos y planchas.

3.3 Producción de cobre verde y carbono neutralidad.

La minería verde se define como un concepto de gestión integral de indicadores productivos y sostenibles que promueve y se compromete con las temáticas mostradas en la figura 22.

Fig. N° 22: Diagrama del concepto de Minería Verde / Actualización Roadmap Minería del Cobre.



Fuente: Alta ley: Minería verde, oportunidades y desafíos.

La circularidad tiene foco en la recuperación de elementos de valor desde residuos; un claro ejemplo es el uso de cobre reciclado para refundir y transformar en cátodos refinados. Lo anterior toma relevancia, considerando que entre 2009 y 2018 en promedio fueron usados globalmente 26,7 millones de toneladas de cobre y el 32% de este valor correspondía a cobre reciclado [25]. En términos energéticos y uso agua desalada, el aumento del consumo de ambos demandará y avanzará hacia el uso de matriz de fuentes renovables, con la incorporación de hidrógeno verde como sustituto de combustibles fósiles. En cuanto a la trazabilidad y digitalización fortalece la colección de datos para detectar oportunidades de mejora y sus impactos al medio ambiente.

La minería verde va en aumento porque así lo demandan consumidores, accionistas, comunidades y principales stakeholders, entre otros [26]. El resultado de este nuevo enfoque será producir cobre sustentable a través de un proceso alineado con las megatendencias para combatir el cambio climático que permitirá distinguir a un cátodo de origen “verde” de otro tradicional en el mercado.

Por otro lado, la minería de cobre cumple un rol crítico para el proceso de carbono neutralidad, ya que el cobre, en forma de alambre, cable y lámina, unirá y conectará las baterías, los motores y las redes eléctricas que ayudarán a limitar el aumento de la temperatura global [24]. Para la fabricación de autos eléctricos (EV) se utiliza entre 3 a 4 veces más cobre que un auto con motor de combustión interna (ICE) [27]. En todos los autos eléctricos se requiere una cantidad sustancial de cobre, al menos 72 kg y se espera que la demanda de vehículos eléctricos experimente un gran crecimiento en los próximos diez años, impulsada por mejoras tecnológicas, mayor asequibilidad y el despliegue de más cargadores eléctricos [27]. El uso del cobre en la electromovilidad puede aumentar aún más con la aparición de vehículos de energía independiente (EIV) que utilizan paneles solares fotovoltaicos alimentados con cobre para aprovechar la energía renovable [8]. Todo el cobre antes mencionado proviene directamente del trefilado de alambro de cobre, por lo que la demanda de este producto aumentará notablemente en los próximos años.

Fig. N° 23: Cadena productiva desde una minería verde hacia la carbono neutralidad.



Fuente: Elaboración propia.

La transformación de la minería de cobre actual (extracción y procesamiento) hacia una minería de cobre verde para la fabricación de productos semis, será fundamental para abastecer al mercado de autos eléctricos. Por lo que una industria minera integrada se considerará estratégica en la cadena de valor para el cumplimiento en el proceso de carbono neutralidad.

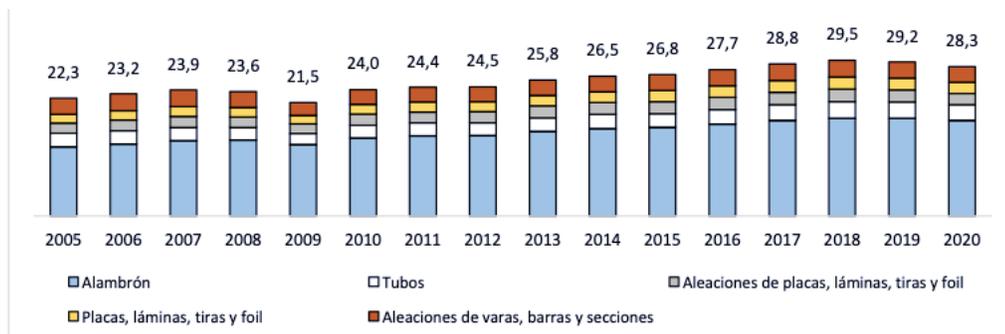
3.3.1 Análisis consumos y producción de semis a nivel mundial

Según lo reportado por la CRU Copper monitor (2021) la producción anual de semis entre 2005 y 2020 está dada por las siguientes categorías:

- 1) Alambre
- 2) Tubos
- 3) Aleaciones de varas, barras y secciones
- 4) Placas, láminas tiras y foil
- 5) Aleaciones

Como se observa en la figura 24, la producción ha tendido al alza, incrementándose desde 22,3 millones de toneladas en 2005 a 28,3 millones en 2020, lo que equivale a un crecimiento promedio anual compuesto de 1,6%.

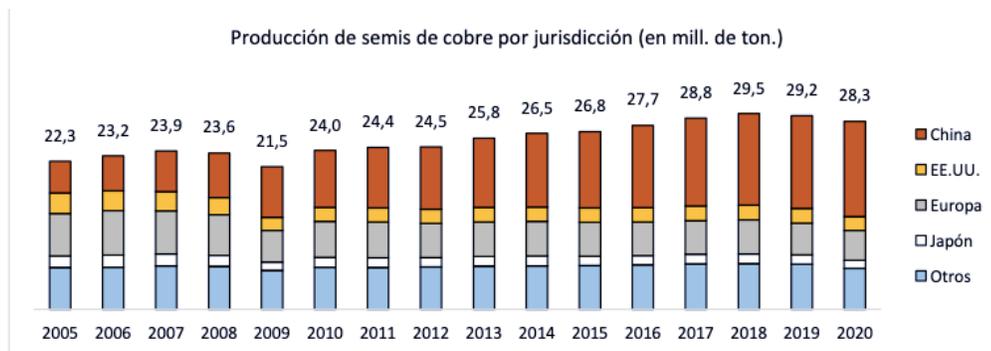
Fig N° 24: Producción de semis de cobre por categoría de producto (MM ton) [28]



Se observan caídas interanuales de una magnitud superior a 1,5% que han sido en 2009 de -8,7% respecto año anterior apalancado por efectos de la crisis financiera y en 2020 -3,1% respecto año anterior apalancado por efectos de la pandemia Covid-19 restringiendo producción y comercio [28].

Se observa que el alambrión es el principal semi producido a nivel mundial durante el periodo con un 59% en 2005 hasta un 64% 2020 apalancado por el uso en sectores de construcción e infraestructura eléctrica, sectores que representan en torno al 36% y 23% respectivamente del consumo mundial de alambrión de cobre. Dada la importancia creciente de este sector en la economía mundial a partir de la electrificación, el uso en energía renovables, industria electromotriz se espera que su demanda continúe creciendo en el tiempo en particular para este último sector en que se proyecta un aumento de 5 veces la demanda en 2040 respecto del 2020 [29].

Fig. N° 25: Producción de semis de cobre por jurisdicción (en MM de ton) [28]



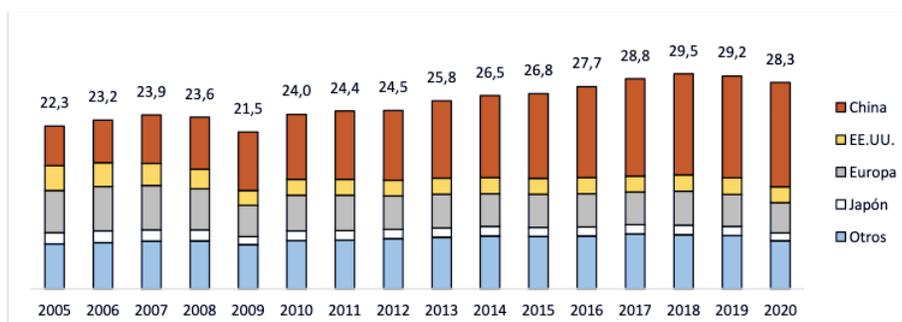
La Figura 25 ilustra la evolución de la producción anual de las cuatro principales jurisdicciones productivas, EE.UU., Europa, Japón y China entre los años 2005 y 2020 quienes han sido responsables de al menos el 72% de la producción agregada entre 2005 y 2020 y del 78% durante 2020.

En particular, China pasó de producir 4.791 kt en 2005 a 14.340 kt en 2020. Es decir, prácticamente triplicó su producción lo que significó a su vez que pasara de representar el 21% de la producción mundial al 51% durante el periodo.

En su contraparte, EE.UU. pasó de producir 3.131 kt en 2005 (14% de la producción mundial) a 2.066 kt (7%) en 2020, mientras que Europa, como división jurisdiccional, cayó de 6.364 kt (28%) a 4.497 kt (16%) en el mismo periodo. En cambio, Japón históricamente ha contado con una producción significativamente menor a la de los actores previamente mencionados, también experimentó una caída de 1.746 kt (14%) a 1.234 kt (7%) durante el periodo. La caída conjunta de

EE.UU., Europa y Japón entre los años considerados alcanza las 3.444 kt, lo que implicó que pasaran de representar del 50% al 28% de la producción mundial.

Fig. N° 26: Consumo de semis de cobre por jurisdicción (MM de ton) [28]



En la figura 26 se ilustra el consumo doméstico de semis para las cinco principales jurisdicciones previamente descritas. Estas son responsables del 73% del consumo mundial entre los años 2005 y 2020, proporción que ha ido aumentando progresivamente de la mano del mayor consumo de China, llegando en conjunto al 77% en 2020.

En general el consumo de los semis a nivel jurisdiccional ha tenido una evolución y participación relativamente similar a su producción doméstica. Tal es el caso de China, que entre 2005 y 2020 casi llegó a triplicar su consumo pasando de 5.453 kt (24% del consumo mundial) a 14.325 (51%). Cabe advertir que esta última cifra es prácticamente equivalente a su producción de 2020, 14.340 kt.

EE.UU. y Europa, por su parte, también han tenido niveles de consumo que han seguido una tendencia similar a su producción, pero en el sentido inverso. EE.UU. en particular pasó de producir 3.131 kt en 2005 (14% del total mundial) a 2.066 kt en 2020 (7%) mientras que su consumo decayó de 3.387 kt (15%) a 2.183 kt (8%). En paralelo, Europa, quien como vimos disminuyó su producción de 6.364 kt (28%) a 4.497 kt (16%), también experimentó una caída en su consumo de 5.790 (26%) a 4.129 (15%). Se advierte, además, que tanto en EE.UU. como en Europa vemos que sus niveles de consumo son relativamente similares a su producción.

El crecimiento tanto en producción como en consumo de China acompañado de caídas en Europa y EE.UU. se puede interpretar fundamentalmente a partir de la progresiva relocalización de la capacidad industrial de países desarrollados a Asia, especialmente a China, que se ha visto con fuerza en las últimas dos décadas (Rodrik, 2015). Como resultado, la creciente producción de semis de China ha respondido en una primera instancia a incrementos en su capacidad de producción de cobre mina nacional y, en paralelo, el crecimiento de su capacidad de fundición y refinación, tanto para su producción de cobre doméstica como extranjera. En una segunda instancia ha respondido, además, a su progresiva industrialización en la producción de manufacturas terminadas en base a cobre y otros materiales. Es decir, China ha construido una cadena de valor, donde la industria de semis se ha convertido naturalmente en un paso intermedio fundamental.

3.4 Comercialización productos semis

Para el análisis de este punto se considera como referencia la estrategia comercial que ha utilizado el grupo KGHM para la venta de sus productos de cobre. Principalmente este se basa en la comercialización de contratos a largo plazo o ventas spots similar a la estrategia de comercialización para concentrados o cátodos de cobre.

1. Contratos a largo plazo: Este tipo de contrato asegura la negociación de precios a futuros a los ejecutivos y stocks de materias primas al comprador, en este caso alambre de cobre, para la producción de alambre en distintos formatos. Este tipo de contrato es el eje principal para la obtención de ingresos por concepto de subproductos de cobre y fundamental para la continuidad operacional de la planta metalúrgica.
2. Ventas spots: Esta venta es más bien puntual y se ve afectada a los precios del mercado al momento de la compra. Si es que el vendedor tiene stocks disponibles y no asegurados en otros contratos es posible acceder al suministro de materias primas.

Para el caso de contratos a largo plazo, KGHM ha celebrado una serie de contratos a lo largo de su operación para la producción de alambre que se enumeran a continuación:

Tabla N° 6: Contratos significativos de KGHM para la venta de alambroón de cobre.

Empresa	Periodo	Monto	WAAC
Tele-Fonika Kable S.A.	2005	1086-1358	10%
Tele-Fonika Kable S.A.	2007	1658-1954	10%
NKT Cables GmbH (Cologne) and its subsidiaries	2010-2011	2289-2613	10%
NKT Cables GmbH (Cologne) and its subsidiaries	2012-2013	4033-4400	10%
Prysmian S.p.A.	2015-2016	2070-2575	10%
NKT cables group GmbH (anexo 2016)	2014-2016	3331-3441	10%
Tele-Fonika Kable S.A.	2021-2025	5889-10304	10%

Como se observa en la tabla 6, KGHM Polska Miedz asegura a travs de contratos de largo plazo materias primas a sus clientes para la elaboraci3n de alambre en diversos formatos. La implementaci3n de este tipo de contratos trae consigo una serie de beneficios tanto para mantener activo el funcionamiento de la planta metalrgica de alambroón y los suministros a usuarios finales quienes deben asegurar materiales comprometidos en propios contratos para fabricaci3n de materiales finales.

El mercado del alambroón, por las caractersticas de calidad del producto, es m1s un mercado local, lo que tambi3n significa que es altamente competitivo y exigente. La estructura de precios del alambroón, adem1s de las cotizaciones del cobre en la Bolsa de Metales de Londres, tambi3n incluye una tarifa del productor (agregada a los c1todos) y los cargos de refinaci3n debido a los costos de procesamiento de c1todos en alambroón. KGHM Polska Miedz S.A. produce alambroón en la planta de alambroón de Cedynia en Orsk [30].

El modelo de negocio de KGHM en la comercializaci3n de sus productos y subproductos de cobre el que al no ser masivo y que se especializa a los requerimientos de sus clientes como los que se muestran en la tabla N° 5, por un lado, favorece al cumplimiento de las necesidades de sus clientes, pero tambi3n impide la introducci3n a nuevos mercados. Eventualmente frente alguna perdida de contrato significativo y/o introducci3n de nueva competencia podr3a generar perjuicios en los

ingresos por concepto de subproductos de cobre o falta de flexibilidad de adaptarse a las necesidades de nuevas demandas del mercado como es el actual caso de la electromovilidad.

Por tal razón, es necesario establecer estrategias tanto para asegurar suministros al mercado local como es el caso de KGHM, no obstante, no se debe descuidar las oportunidades que pueden emerger y tener un plan para atender este mercado. Para este último caso las decisiones de los ejecutivos son fundamentales para evaluar si es necesario aumentar la capacidad de la planta existente o en base algún estudio financiero y de mercado que lo sustente implementar una nueva planta para abastecer a esta demanda como lo que se analizará en el siguiente capítulo, pero para una compañía minera local en Chile.

Localmente existe una experiencia previa en que Codelco en base a una decisión estratégica en 1981 crea la sociedad Codelco Kupferhandel GmbH en Alemania [31]. El origen de esta filial en Europa se debe a que en esa época existían pocas empresas que comercializaban productos semis y a modo de evitar una futura formación de un cartel que controlase los precios de venta de los cátodos de cobre, insumo principal para fundición y elaboración de productos Semis, Codelco Kupferhandel GmbH decide comprar 40% de participación de esta empresa manufacturera Alemana Deutsche Giessdraht líder en fabricación de productos Semis. Finalmente, en 2018 Codelco Kupferhandel GmbH vende su porcentaje de participación [32] debido a que la rentabilidad no fue la esperada y en momentos que la compañía requería de flujo de dinero para otras inversiones optó por eliminar este negocio de la cartera de inversiones.

Es importante analizar estos últimos dos casos, es decir, la experiencia de Codelco y KGHM en que el primero no poseía la suficiente experiencia para ingresar al negocio y controlar de forma adecuada los retornos esperados por inversionistas. En cambio, KGHM ha avanzado en la curva del aprendizaje en que ya tiene controlado una serie de aspectos que lo mantienen y hacen sustentable la operación del negocio. La decisión de participar en el mercado del alambón fue correcta, pero para mantener una serie de aspectos como costos, gastos, eficiencia, cultura, entre otros indican que la planta debió ser instalada de forma local para obtener el máximo rendimiento y retorno esperado por los accionistas.

Los antecedentes expuestos que empujan a integrar la cadena productiva del cobre se resumen a continuación:

1. Electromovilidad - Aumento demanda alambraón (x 5 veces 2040)
2. Cartel China - Influencia comercial en toda la cadena de valor
3. Aumento exigencias medio ambientales – Compromiso global para la descarbonización del planeta.
4. Los desafíos en la producción minera local por cambio de paradigma productivo respecto décadas anteriores (menores leyes, mayor contenido residuos, minerales a mayores profundidades, etc.)
5. La necesidad de reducir y/o eliminar la interdependencia de las fluctuaciones del precio del cobre transados en la LME

Estos argumentos dan paso analizar si financieramente es factible producir al menos alambraón de cobre localmente para hacer frente a los desafíos enumerados en los puntos anteriores. Por un lado, para reducir los efectos del actual paradigma productivo apalancando máximos dividendos de las operaciones mineras locales y, por otra parte, reducir los efectos externos que disminuyen las utilidades en periodos de menores precios de los commodities lo que impactan directamente en la caja de las compañías mineras.

Llevar toda la producción desde concentrados/cátodos a alambraón no es aceptable en términos de retornos esperados por los inversionistas, por un lado, porque no está alineada a la estrategia operativa declarada por la compañía minera, como se describió en el capítulo 2.2, menos aun cuando los precios de los commodities están en sus máximos valores. Pero en cambio, cuando el commodities se encuentra en su valor más bajos la operación e ingresos por concepto de subproductos de una planta de alambraón actuaría como un efecto regulador frente a la baja de los precios de commodities.

Según lo anterior, podemos establecer que a bajos valores del commodities del cobre se destruye valor productivo aguas arriba, por lo que en este escenario es posible activar la producción en un mayor porcentaje para producir alambrón. A mayores valores del commodities del cobre se genera valor productivo aguas arriba, lo que activa la venta de concentrados y cátodos principalmente. Esto último caso no significa que se detenga por completo la producción de alambrón ya que se puede establecer una producción mínima para cumplir compromisos y contratos previos pactados.

La decisión estratégica de operar de forma integrada – o no– se puede analizar utilizando como caso estudio de una compañía minera productora de cátodos y/o concentrados versus una empresa que integrada en su cadena de valor. Para esto se toma como referencia la operación de KGHM Polska Miedz quien transforma parte de su producción de cátodos a alambrón y otro porcentaje como venta del commodities al mercado. De forma comparativa se analiza al grupo Antofagasta PLC, en particular casos de Los Pelambres y Centinela, quienes transforman toda su producción a concentrados y cátodos.

A continuación, se determinará las rentabilidades de ambas compañías entre los periodos de 2018-2021, se analizará el resultado obtenido según decisiones estratégicas definidas y el impacto en sus estados de resultados a modos de comparar que tan efectivos es operar de forma integrada, no integrada o en una mezcla de ambas.

MÉTODO EXPERIMENTAL RENTABILIDAD Y ANÁLISIS FINANCIERO

4.1.1 Caso KGHM Polska Miedz

En esta sección se analiza la rentabilidad de una planta productora de alambón integrada verticalmente como es el caso de la compañía minera KGHM con su planta de alambón de cobre ubicada en Cedynia, Polonia. Para lo anterior se revisará sus estados de resultados comprendido entre los periodos 2018-2021 los que se encuentran publicados en su página web corporativa [33].

La empresa KGHM informa sus declaraciones financieras como grupo KGHM, KGHM Internacional y KGHM Polska Miedz S.A. Esta última empresa es dueña del 100% planta metalúrgica Cedynia productora de alambre de cobre y alambre de cobre libre de oxígeno (OFE). Ya que el objetivo es determinar las utilidades de la operación de la planta metalúrgica de alambón es que el análisis financiero se enfocará principalmente en el estado de resultados de la empresa Polska Miedz.

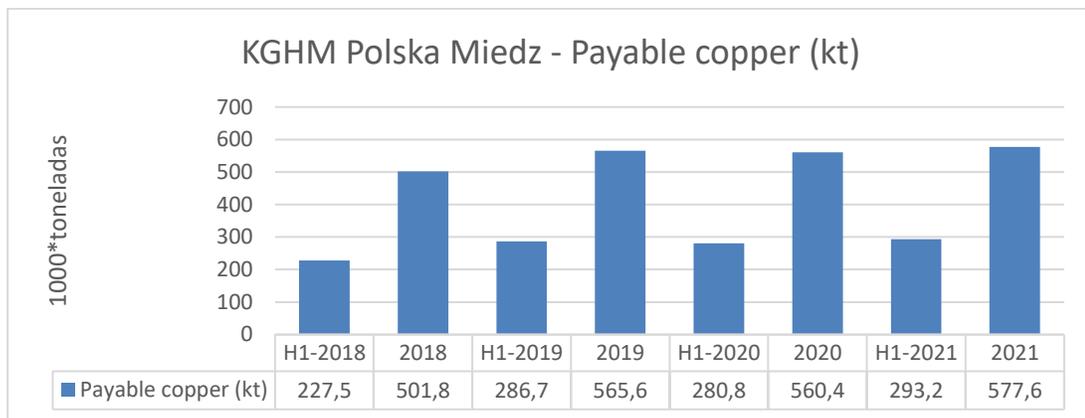
Tabla N° 7: Valores toneladas de cobre pagables, C1 y EBITDA entre 2018-2021

KGHM Polska Miedz		Payable copper (kt)	C1 (cash cost of producing copper in concentrate) USD/lb	EBITDA margin (%)
H1	Year			
2018		227,5	1,90	24
	2018	501,8	1,85	
2019		286,7	1,81	22
	2019	565,6	1,74	
2020		280,8	1,59	22
	2020	560,4	1,62	
2021		293,2	2,12	26
	2021	577,6	2,26	22

El “cash cost” de la producción de cobre pagable refleja los costos de extracción y procesamiento del mineral, los costos de transporte, el impuesto de extracción de minerales, los gastos administrativos durante la fase de extracción y los cargos por tratamiento y refinación de fundición (TC/RC) menos el valor del subproducto.

Como se observa en la figura 27 (abajo) los valores de toneladas producidas de cobre pagable se han mantenido casi invariable a excepción del alza del año 2019 respecto a 2018 y que posteriormente ha mantenido a niveles similares hasta 2021.

Fig. N° 27: Toneladas de cobre pagables producidos entre 2018 y 2021 (kt)



Se debe notar que la producción de cobre se compone en cobre electrolítico que se elabora del propio concentrado y también de fuentes externas como reciclaje de materiales de cobre. Por ejemplo, en H1-2021 se produjo un total de 293,2 kt de las cuales 192 kt son de concentrado propio y 101 kt de materiales reciclados que se transformaron en cobre electrolítico que equivale a 65,5% y 34,5% respectivamente. La venta se compone de cátodos de cobre y alambra de cobre (wire rod y OFE rod) que son 141 kt y 144 kt que equivale a 49,5% y 50,5% respectivamente. Cabe destacar que el nivel de producción para ambos productos tanto para alambre de cobre y cobre electrolítico son similares, pero incluso en este periodo (H1-2021) con mayor producción para el caso del alambra de cobre, como se observa en la siguiente figura.

Figura N° 28: Ingresos por ventas de KGHM Polska Miedz S.A. (H1-2020/H1-2021)



Cálculos índices de rentabilidad

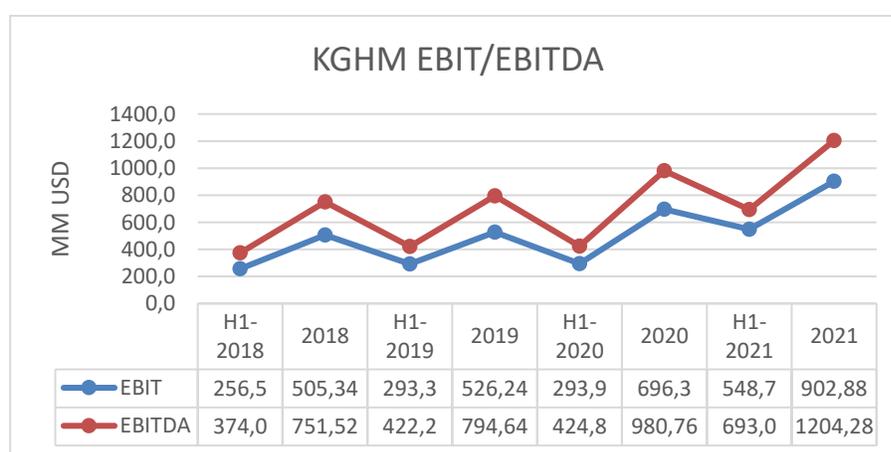
Para evaluar rentabilidad, a continuación se detallan los resultados del EBIT y EBITDA de KGHM Polska Miedz S.A. para los periodos comprendidos entre H1-2018 y 2021.

Tabla N° 8: EBIT y EBITDA para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021

KGHM (MM PLN/USD)	H1-2018	2018	H1-2019	2019	H1-2020	2020	H1-2021	2021
Ingresos	7,189	15,757	8,831	17,683	8,897	19,326	12,144	24,618
Gastos administración	(418)	(923)	(442)	(995)	(440)	16,161	(445)	(20,514)
Costos por ventas	(5,605)	(12,537)	(7,056)	(14,296)	(7,121)		(9,205)	
EBIT (Profit/loss on sales)	1,166/ 256.5	2297/ 505.34	1,333/ 293.3	2392/ 526.24	1,336/ 293.9	3165/ 696.3	2,494/ 548,7	4104 902.88
Depreciación y amortización	534	1,119	586	1220	595	1,293	656	1,363
EBITDA (ajustado)	1,700/ 374.0	3416/ 751.52	1,919/ 422.2	3619/ 794.64	1,931/ 424.8	4458/ 980.76	3,150 /693.0	5474/ 1,204.28

La tabla N° 8 muestra que los valores de gastos administración y costo por ventas se mantienen en rangos similares entre H1-2018 y 2021, no obstante tanto en el caso de gasto administrativo como costo por ventas aumenta su valor proporcional al aumento del ingreso por ventas. A pesar del aumento de los ingresos que impacta también en el resultado de EBITDA particularmente en 2021 los costos y gastos también aumentan significativamente reduciendo las posibles mayores ganancias.

Fig. N° 29: EBIT y EBITDA de KGHM para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021



En la figura 30 se observa que la diferencia del EBIT y EBITDA corresponde a la depreciación y amortización de los activos de la compañía. El valor de esta diferencia es de un 42% que se mantiene aproximadamente constante entre H1-2018 y H1-2020. Notar que luego de este periodo existe un crecimiento 63% del EBITDA en H1-2021 respecto al H1-2020. Este mayor EBITDA se debe principalmente a condiciones macroeconómicas favorables y mayor valuación financiera de los activos como se declara en sus estados financieros [33].

Cálculo ROA de KGHM (H1-2018 al 2021)

Notar que el estado de resultados de KGHM Polska Miedz no reporta gastos por intereses, por lo que no se considera en el valor total de utilidad neta^{4, 5}. Para calcular el ROA de KGHM se detallan las ganancias/beneficio neto y activos totales obtenidos entre H1-2018 al 2021, los que se resumen a continuación:

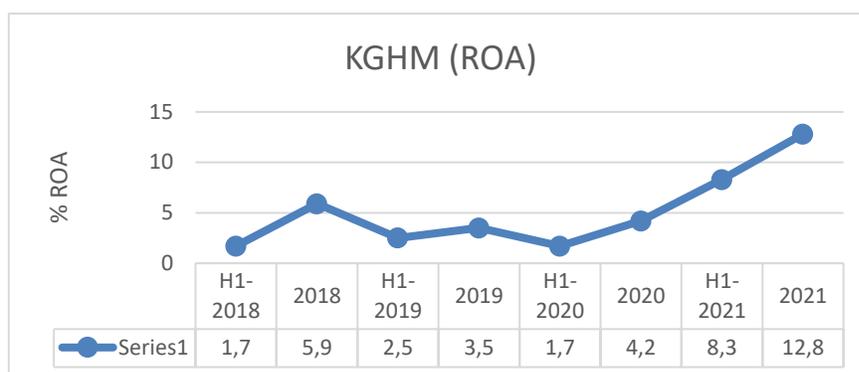
Tabla N° 9: Valor ROA KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021

KGHM		Interés después de impuestos + utilidad neta (M PLN)	Total Activos	ROA (%)
H1	Year			
2018		611	36071	1,7
	2018	2025	34250	5,9
2019		970	39045	2,5
	2019	1264	35989	3,5
2020		699	41584	1,7
	2020	1797	42780	4,2
2021		3723	45055	8,3
	2021	6155	48027	12,8

⁴ <https://kghm.com/en/investors/results-center/financial-reports>

⁵ <https://simplywall.st/stocks/pl/materials/wse-kgh/kghm-polska-miedz-shares/news/these-4-measures-indicate-that-kghm-polska-miedz-wsekgh-is-u-2>

Fig. N° 30: Curva valor ROA KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021



Como se observa en el gráfico, existe un alza importante al cierre del periodo del 2020 y H1-2021 apalancado principalmente por las mayores utilidades obtenidas superando el promedio ponderado de 4,5%.

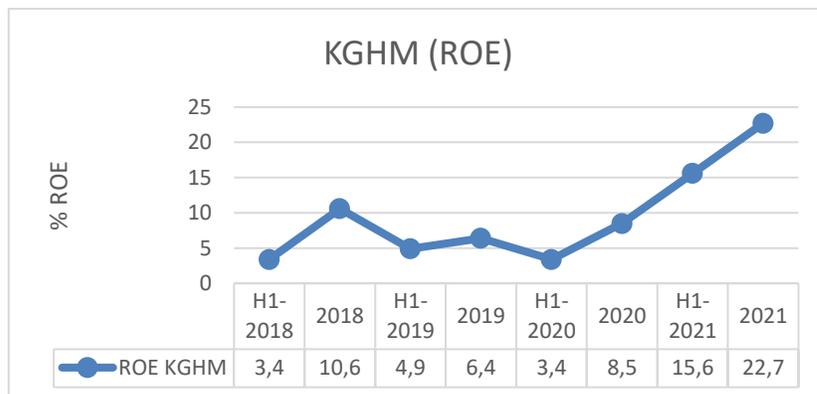
Calculo ROE de KGHM (H1-2018 al 2021)

Para calcular el ROE de KGHM, se detallan las ganancias/beneficio neto y patrimonio obtenidos entre H1-2018 al 2021, los que se resumen a continuación.

Tabla N° 10: Valor ROE KGHM entre los periodos H1-2018 y 2021

KGHM		Interés después de impuestos + utilidad neta (M PLN)	Patrimonio	ROE (%)
H1	Year			
2018		611	18074	3,4
	2018	2025	19045	10,6
2019		970	19964	4,9
	2019	1264	19889	6,4
2020		699	20404	3,4
	2020	1797	21081	8,5
2021		3723	23867	15,6
	2021	6155	27138	22,7

Fig. N° 31: Curva valor ROE KGHM entre los periodos H1-2018 y 2021



La tendencia del ROE, como se observa en el gráfico anterior, comprendido entre H1-2018 y H1-2021 son muy similares a los obtenidos en el caso del ROA . El aumento más de 4 veces en el ROE comparando periodo H1-2020 respecto H1-2021 está apalancado por los mayores ingresos del periodo y la baja variabilidad del patrimonio a excepción del H1-2021 en que existe un incremento del 16%.

Cálculo de EVA: Valor económico agregado = Utilidad neta – (Costo de capital x capital)

$$EVA = NOPAT - (P + K) * WACC$$

Donde:

EVA: Valor económico agregado

NOPAT: Beneficio neto luego de impuestos

P: Pasivo exigible

K: Patrimonio

WACC: Costo de capital promedio ponderado

EVA es el costo del capital que la compañía ha recaudado de los inversionistas. Las ganancias después de deducir todos los costos, entre ellos el costo capital, se denomina valor económico agregado o EVA.

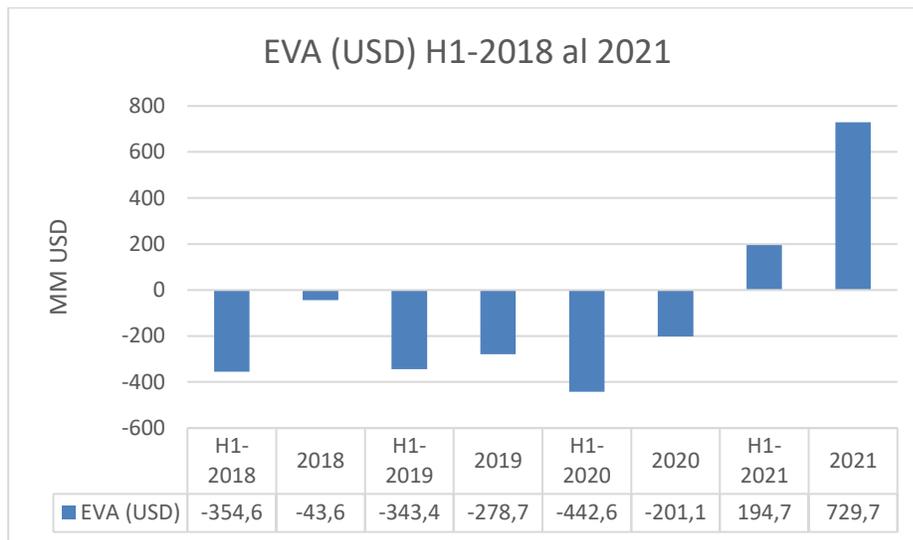
El margen de beneficio promedio entre 2017-2020 fue de un 10%, según lo informado por KGHM en sus contratos significativos sección 3.5.

Tabla N° 11: Cálculo EVA y RC de KGHM entre los periodos H1-2018 y H1-2021

KGHM		Deuda largo plazo; Long-term loans – P	Capital total de accionistas: Equity – K	Capitalización total P+K	Costo capital x capital = (P+K)*0,1	NOPAT = Profit for the period (M PLN)	EVA (M PLN)	EVA (M USD)	Rendimiento de capital (%)
H1	Year								
2018		4972	17256	22228	2223	611	-1612	-354,6	2,8
	2018	4972	17256	22228	2223	2025	-198	-43,6	9,1
2019		6262	19045	25307	2531	970	-1561	-343,4	3,8
	2019	6262	19045	25307	2531	1264	-1267	-278,7	5,0
2020		7217	19889	27106	2711	699	-2012	-442,6	2,6
	2020	7217	19889	27106	2711	1797	-914	-201,1	6,6
2021		7650	20726	28376	2838	3723	885	194,7	13,1
	2021	7650	20726	28376	2838	6155	3317	729,7	21,7

Un EVA negativo significa que la compañía perdió valor y el resultante debería ser un retorno más bajo para los accionistas [34].

Fig. N° 32: Resultados valor EVA comprendido entre H1-2018 y 2021



Como se observa en la figura 32, resultan periodos negativos desde H1-2018 hasta fines del periodo 2020. Notar que el inicio de la pandemia de covid-19 acrecentó el resultado negativo para del EVA en H1-2020, no obstante a partir de fines de 2020 hubo un aumento gradual del valor del EVA hasta obtener valores positivos tanto en H1-2021 y cierre del 2021, generando valor para los accionistas en dicho periodo.

A continuación, los resultados obtenidos en el ejercicio anterior se compararán con los del grupo minero Antofagasta PLC, particularmente con sus operaciones de Pelambres y Centinela las que tienen un nivel de producción similar respecto al de KGHM Polska Miedz. Finalmente, se comparan ambas declaraciones financieras reportadas en su web corporativa con el objetivo de poder concluir sobre los siguientes dos puntos a continuación:

1. Comparar rentabilidad financiera provenientes de ingresos por ventas de ambas compañías.
2. Determinar factibilidad de invertir CAPEX para avanzar verticalmente en la producción.

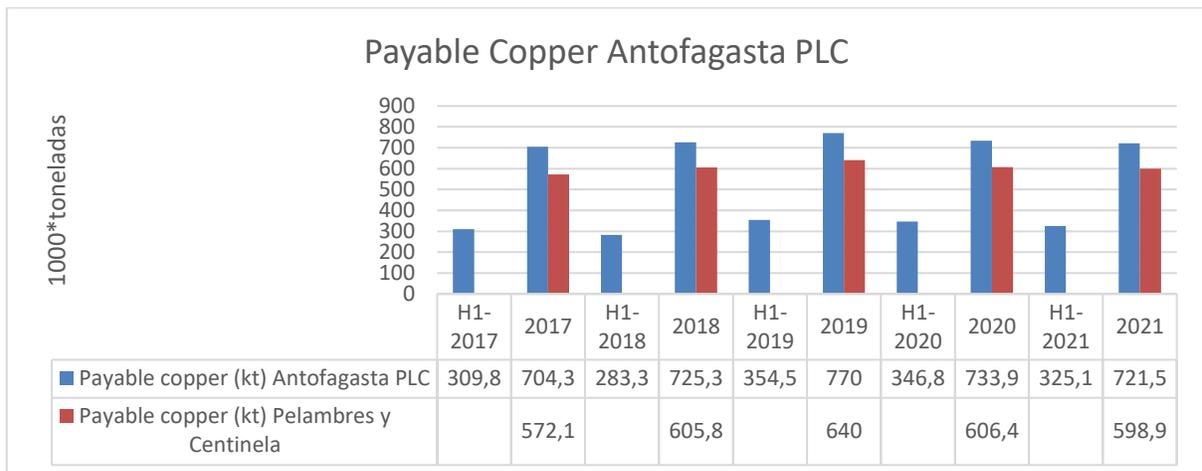
4.1.2 Caso Grupo Antofagasta Minerals PLC

Similar al caso de KGHM Polska Miedz, el grupo Antofagasta PLC produce principalmente cobre y en menores cantidades molibdeno, plata y oro (Reporte Financiero H1-2020, Estadísticas producción y ventas H1-2020 y 2019, pág. 60)

Tabla N° 12: Producción de cobre y Cash Cost del grupo Antofagasta Minerals PLC desde H1-2017 al 2021.

Antofagasta PLC		Total Payable copper (kt)	C1 (cash cost of producing copper in concentrate) USD/lb	Pelambres /Centinela (kt)	EBITDA margin (%)
H1	Year				
2017		309,8			
	2017	704,3	1,25	572,1	
2018		283,3			
	2018	725,3	1,29	605,8	
2019		354,5			
	2019	770,0	1,22	640,0	
2020		346,8			
	2020	733,9	1,14	606,4	
2021		325,1			
	2021	721,5	1,20	598,9	

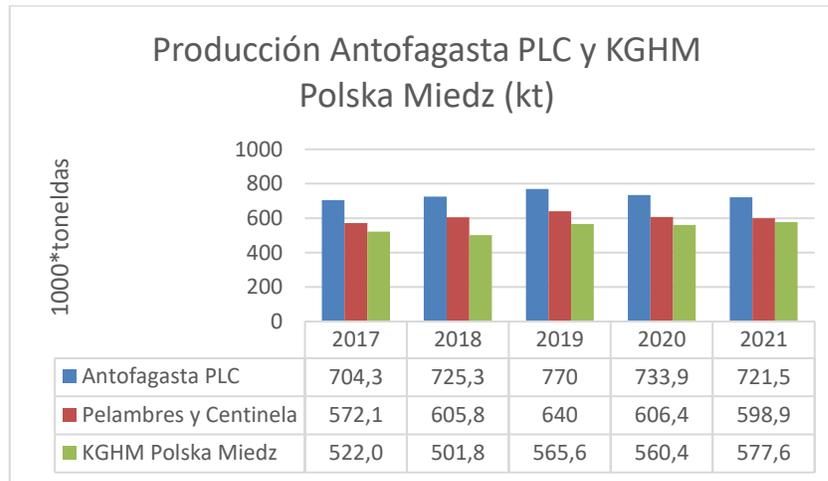
Fig. N° 33: Producción de cobre de Antofagasta PLC versus Pelambres/Centinela.



Como se observa en la figura 33, la producción anual de cobre en Antofagasta PLC se caracteriza por los aportes en mayor medida de faenas mineras como Centinela y Los Pelambres que en total representa un 83% del grupo que equivalen a 605 kt de los 731 kt promedio anual. Además, de los aportes en menor medida de Antucoya y Zaldívar lo que representa un 17% promedio anual. En el caso de minera Centinela ésta produce concentrados y cátodos de cobre, Pelambres concentrados de cobre, en cambio Antucoya y Zaldívar sólo cátodos de cobre.

KGHM transforma toda su producción en cobre electrolítico dado que ha integrado su producción para la elaboración de sub productos de cobre, en cambio la mayor parte de la producción de Antofagasta PLC es para la venta de concentrados de cobre y solo una fracción se transforma a cátodos para comercialización.

Fig. N° 34: Producción de cobre de Antofagasta PLC y KGHM desde 2017 al 2021.



Para realizar la comparativa, se tomará como referencia los resultados a nivel productivo entre Pelambres/Centinela respecto a los de KGHM Polska Miedz, ya que existe similitud de resultados en términos de toneladas procesadas lo que permitirá determinar diferencias en los resultados financieros de ambas compañías.

Tabla N° 13: Resultados EBIT/EBITDA Pelambres/Centinela entre periodos completos entre 2017-2021 (M USD)

Pelambres-Centinela	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos	4069	4102	4371	4499	6602
Gastos administración	518	670	(803)	(921)	(944)
Costos por ventas	(1782)	(2030)	(2028)	(1924)	(2157)
EBIT (Profit/Loss on sales)	1769	1402	1540	1654	3501
Depreciación y amortización	482	658	790	915,5	936,5
EBITDA (ajustado)	2250	2060	2330	2569	4445

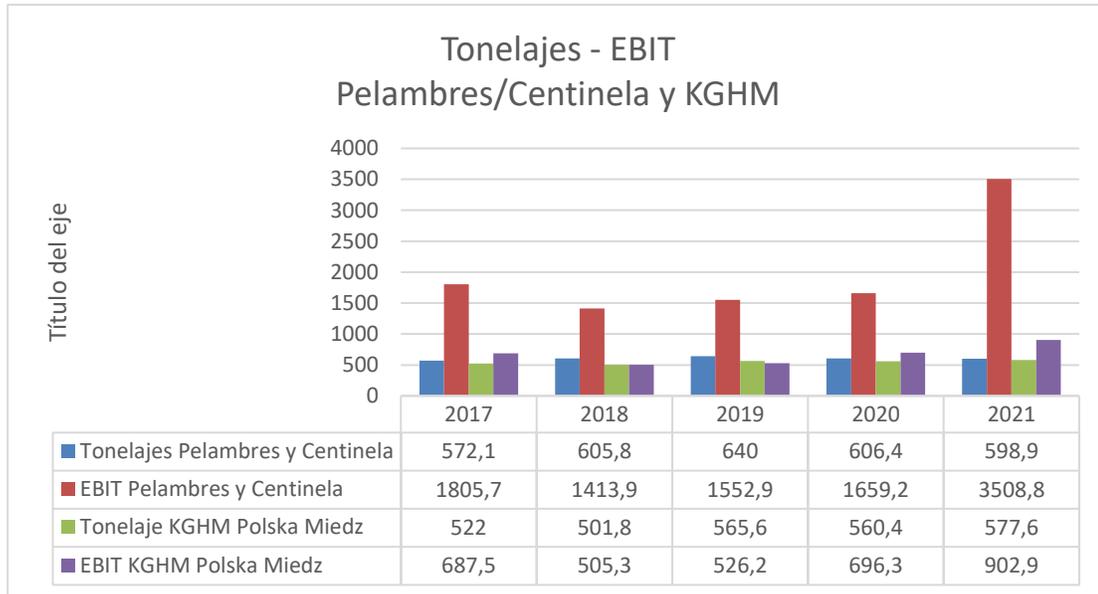
La tabla 13 se muestra que los resultados del EBITDA para Pelambres/Centinela son muy similares entre periodos 2017-2020. En cambio, para el 2021 existe un alza casi del 200% respecto 2017 apalancado principalmente por condiciones macroeconómicas favorables por reactivación de la industria post Covid.

Tabla N° 14: Resultados EBIT Antofagasta PLC, Pelambre/Centinela y KGHM entre periodos completos entre 2017-2021 (M USD)

Full	Tonelaje Antofagasta PLC	EBIT	Tonelajes Pelambres y Centinela	EBIT Pelambres y Centinela	Tonelaje KGHM Polska Miedz	EBIT KGHM Polska Miedz	Dif. % tonelajes P/C respecto KGHM
Year	kt	M USD	kt	M USD	kt	M USD	%
2017	704,3	1923,9	572,1	1805,7	522	687,5	9,6
2018	725,3	1394,8	605,8	1413,9	501,8	505,3	20,7
2019	770	1467,3	640	1552,9	565,6	526,2	13,2
2020	733,9	1660,3	606,4	1659,2	560,4	696,3	8,2
2021	721,5	3710,2	598,9	3508,8	577,6	902,9	3,7

En esta tabla 14 se realiza la comparación directa entre tonelaje procesado por compañía versus su resultado de EBIT. Como se puede notar los resultados del EBIT para Pelambres/Centinela son muy superiores a las del KGHM a tonelajes similares procesados.

Fig. N° 35: Tonelajes versus EBIT Pelambres/Centinela y KGHM entre 2017 y 2021.



Como se observa en el gráfico anterior a similares procesamientos de toneladas, Pelambres-Centinela obtiene resultados del EBIT entre 2 a 4 veces mayor que KGHM.

A pesar de que los toneladas procesados sean similares no significa necesariamente se obtengan resultados financieros equivalentes. El caso más notorio es para el periodo 2021 en que los toneladas fueron 598,9 kt para Pelambres-Centinela y 577,6 para Polska Miedz con resultados de EBIT de 3508,8 y 902,9 MM USD respectivamente que equivale a un 388% de diferencia.

Tabla N° 15: Cálculo del valor de cobre basado según sus ingresos y producción en 2021.

2021	U/M	Pelambres/Centinela	KGHM
Producción	t Cu/a	598.900	577.600
	t Cu/d	1.640	1.581
	t Cu/h	68,3	65,9
Precio Cu LME	US\$/t Cu	11.024	9.377
	US\$/lb Cu	5,00	4,25
Ingresos	US\$/h	753.137	617.837
	US\$/d	18.075.291	14.828.090
	US\$/a	6.602.000.000	5.415.960.000
Gastos + Costos	US\$/a	3.040.000.000	4.513.080.000
EBIT	US\$/a	3.562.000.000	902.880.000

Para determinar la elevada diferencia de resultados de EBIT de ambas compañías mineras se analiza en particular los resultados obtenidos en el periodo 2021 . Las razones financieras del mayor ingreso en el caso de Pelambres/Centinela se deberían a los contratos de cobre a futuros pagados desde clientes para asegurar stocks pactando un valor aproximado de 5,00 US\$/Lb de Cu, como se indica en la tabla arriba. Esto se debe a que la mayoría de las ventas de cobre y molibdeno se realizan bajo contratos anuales o acuerdos marco a más largo plazo. Los volúmenes de venta se acuerdan cada año, lo que garantiza el consumo. (Reporte anual Antofagasta PLC 2021, pág. 13)

El año 2021 comenzó con la continua tendencia alcista en el precio del cobre observada en la segunda mitad de 2020, alcanzando un precio máximo de \$4,86/lb en mayo. Este fue un máximo histórico y durante el resto del año el precio del cobre se estabilizó, cotizando en un rango superior a \$4,20/lb. Esto ha continuado en 2022.

Debido al fuerte crecimiento de la demanda de cobre en 2021 y la capacidad limitada de la oferta de cobre para responder rápidamente, las existencias de la bolsa han caído a su nivel más bajo desde 2008, terminando el año con menos de 0,6 semanas de consumo. Esto ha consolidado el precio en niveles históricamente altos y ha movido la curva de futuros del cobre hacia un retroceso, donde la incertidumbre de tener suficiente cobre para una entrega rápida lleva a que el precio al contado sea más alto que el precio a plazo, lo que refleja una disponibilidad excepcionalmente estrecha. (Reporte anual Antofagasta PLC 2021, pág. 88-89)

En cambio para el caso de KGHM el valor estimado en función de la producción declarada e ingresos obtenidos indican que estaría entorno a 4,25 US\$/lb Cu que coincide con el valor nominal anual en 2021 [35]. Como Polska Miedz transforma todo su concentrado de cobre a cátodos electrolíticos este valor correspondería al valor del costo (máximo) estimado en el proceso de manufactura en la colada continua en proceso Contirod agua abajo como se explicó en el capítulo anterior. Esta diferencia de precios de ventas está directamente relacionada con los resultados financieros antes descritos, pero también íntimamente ligado a la dirección estratégica bajo la cual operan ambas compañías en análisis, al mercado que están comprometidos en abastecer y las condiciones de producción.

Las abundantes ganancias que se pueden lograr obtener en periodos de alzas de precios del cobre como se observó en 2021 para el caso de Antofagasta PLC compensan y pagan otros periodos de menores precios del cobre que las mineras deben absorber. Aquí radica el riesgo de operar en largos periodos de tiempo a bajos precios hasta lograr recuperar la inversión.

Si ahora se observa el periodos de tiempo en 2017, en que no existía pandemia, mercado relativamente estable los resultados son menores pero aún mayores para Antofagasta PLC respecto a KGHM pero no tan notorio como se observó en 2021. Es decir, en este último caso incluso a precios no alcistas lo resultados y la decisión de operar hasta este nivel de la cadena productiva es beneficioso para Antofagasta PLC.

Tabla N° 16: Resultados EBIT/EBITDA Pelambres/Centinela entre 2017-2021

MM USD	H1-2018	2018	H1-2019	2019	H1-2020	2020	H1-2021	2021
Ingresos	1,082.6+ 733.6=1, 816.2	2493.5+1 609.2=4, 102.7	1,177.8+ 1,040.9= 2,218.7	2363.9+2 007.9=43 71.8	1,086.9+ 759.4=1, 846.3	2655.1+ 1844.5= 4499.6	1,878.7+1, 289.6=3,16 8.3	3621+298 1.3=6602. 3
Gastos administración	(278.9)	(658.7)	(379.4)	790.7	(427,6)	(915.5)	(415)	936.5
Costos por ventas	488.6+50 4.4=993	(1065.9+ 964.2)=2 030.1	(470.9+5 08.4)=97 9,3	(979.8+1 048.4)=2 028.2	(447.8+4 49.8)=89 7.6	(992.1+ 932.8)= 1924.9	(531.8+458 .1)=989.9	(1095+10 62)=2157
EBIT (Profit on sales)	544.3	1413.9	860	1552.9	521,1	1659,2	1763,4	3508.8
Depreciación y amortización	102.5+17 6.4=278. 9	243.3+41 5.4=658. 7	123.4+25 6.0=379. 4	258.5+53 2.2=790. 7	126.2+30 1.4=427. 6	252.6+6 62.9=91 5.5	132.5+282. 5 =415	281.8+65 4.7=936.5
EBITDA (ajustado)	594+229. 2=823.2	1427.6+6 45=2072. 6	706.9+53 2.5=1,23 9.4	1384.1+9 59.5=234 3.6	639.1+30 9.6=948. 7	1663+9 11.7=25 74.7	1,346.9+83 1.5=2,178. 4	2526+191 9.3=4445. 3

La tabla 16 muestra los resultados en EBIT/EBITDA de las operaciones de Pelambres y Centinela entre los periodos de 2017 y 2021. Al cierre de año tanto para 2018, 2019 y 2021 existe crecimiento del 10%, 7% y 211% respectivamente en términos de EBIT.

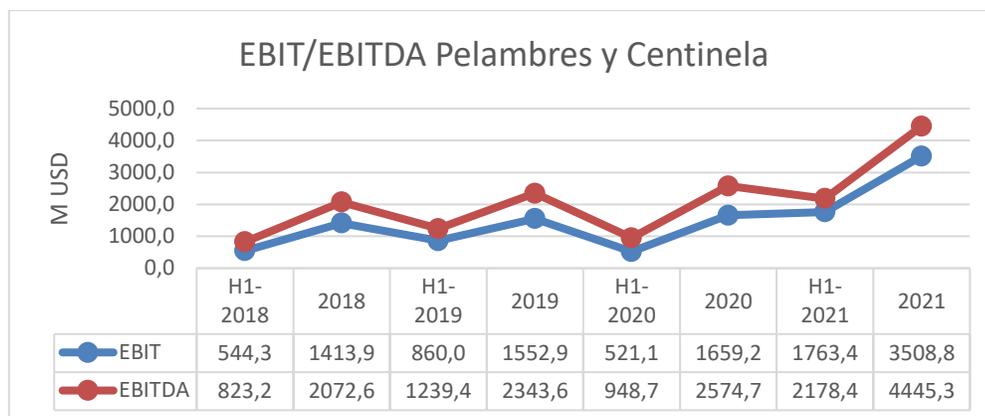
Tabla N° 17: Resultados EBIT/EBITDA Antofagasta PLC entre 2017-2021

M USD	H1-2018	2018	H1-2019	2019	H1-2020	2020	H1-2021	2021
Ingresos	2,032.3	4,560.3	2,443.4	4,804.0	2,069.2	4,979.9	3,504.7	7,300.1
Gastos administración	(267.9)	(649.9+10.5)	(367.7+2,1)	(768.7+12)	(438.9)	(924.6+4.3)	(396.3)	(697.2+177.6+8.2)
Costos por ventas	(1,222.1)	(2,505.1)	(1,241.3)	(2,556.0)	(1,125.5)	(2,390.7)	(1,254.8)	(2,696.9)
EBIT (Profit on sales)	542,3	1.394,8	832,3	1.467,3	504.2	1.660,3	1,853.6	3.720,2
Depreciación y amortización	316.2	744.6	428.5	890.8	480,0	1,017.9	467.5	1,047.8
EBITDA (ajustado)	858.5	2,139.4	1,260.8	2,358.1	984.2	2,678.2	2,321.1	4,768.0

Similar al caso anterior, la tabla 17 muestra los resultados de EBIT/EBITDA para todo el grupo minero incluyendo a Pelambres, Centinela, Antucoya y Zaldívar. Se debe notar que la diferencia en resultados en términos de EBIT para el caso de Pelambres/Centinela y el grupo minero completo no es tan significativo. A termino de año 2018 y 2019 el resultado de EBIT para Pelambres/Centinela son incluso mayores sin considerar los aportes de Antucoya y Zaldívar. En cambio, al cierre del 2020 el EBIT son prácticamente iguales para ambos caso y finalmente en el caso de 2021 existe una diferencia de 211 M USD por los aportes de Antucoya y Zaldívar.

Para mantener la comparativa, en termino de similitud tonelajes procesados, sólo se considerará la suma de los resultados obtenidos entre Pelambres y Centinela los que serán comparados contra los obtenidos por KGHM Polzka Miedz.

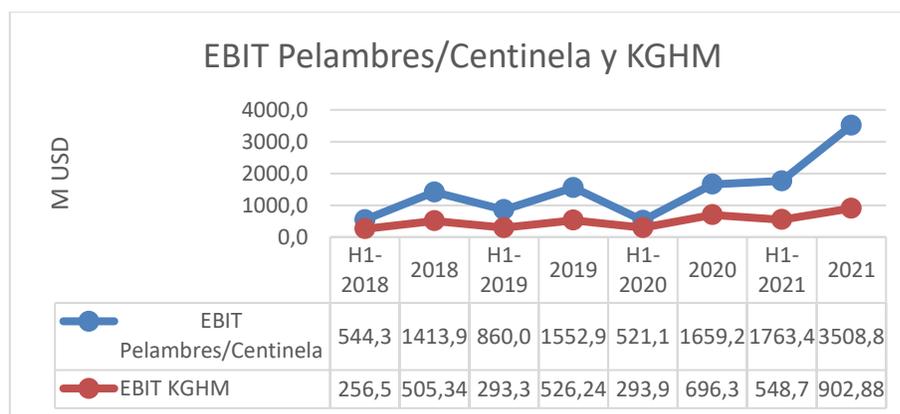
Fig. N° 36: EBIT y EBITDA de Pelambres y Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021



Similar al caso del grafico EBIT y EBITDA de KGHM para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021, en este caso también se observa resultados constantes para los periodos comprendidos entre H1-2018 y H1-2020. Además, se observa que existe un crecimiento de 230% del EBITDA H1-2021 respecto H1-2020 y un crecimiento de un 73% al término del año de 2021 respecto 2020. Notar que la diferencia entre EBIT y EBITDA para el caso de Pelambres y Centinela corresponde 48% valor levemente superior al 42% observado para mismo periodo para el caso de KGHM.

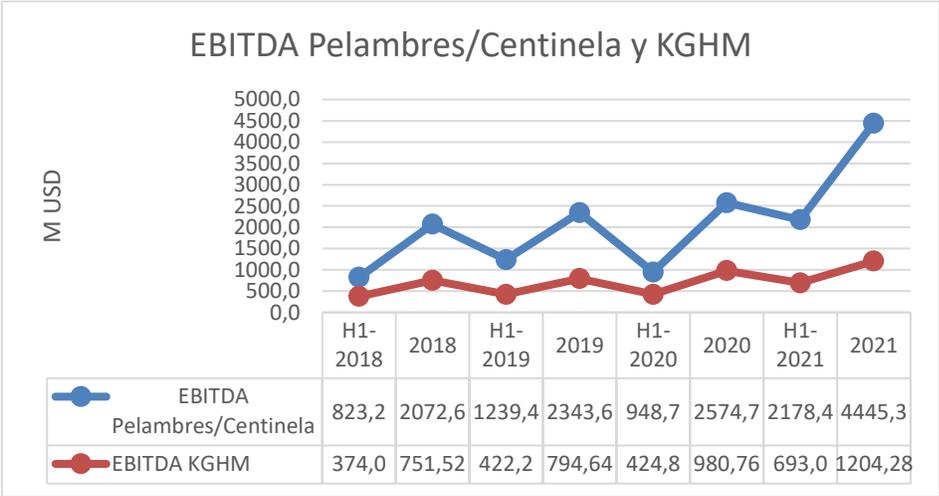
A continuación se comparan los resultados de EBIT para KGHM y Antofagasta PLC según los resultados obtenidos anteriormente.

Fig. N° 37: EBIT KGHM y Pelambres/Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021.



Se observa que entre H1-2018 y 2021 el resultado del EBIT de Pelambres y Centinela es superior en todo el periodo en un 176% respecto al de KGHM con una desviación estándar de un 66%. En particular, el EBIT al término del 2021 de Pelambres y Centinela fue un 388% superior al de KGHM.

Fig. N° 38: EBITDA KGHM y Pelambres/Centinela para periodos comprendido entre H1-2018 y 2021



Se observa que entre H1-2018 y 2021 el resultado del EBITDA de Pelambres y Centinela es superior en todo el periodo en un 181% respecto al de KGHM con una desviación estándar de un 48%. En particular, el EBITDA al término del 2021 de Pelambres y Centinela fue un 369% superior al de KGHM.

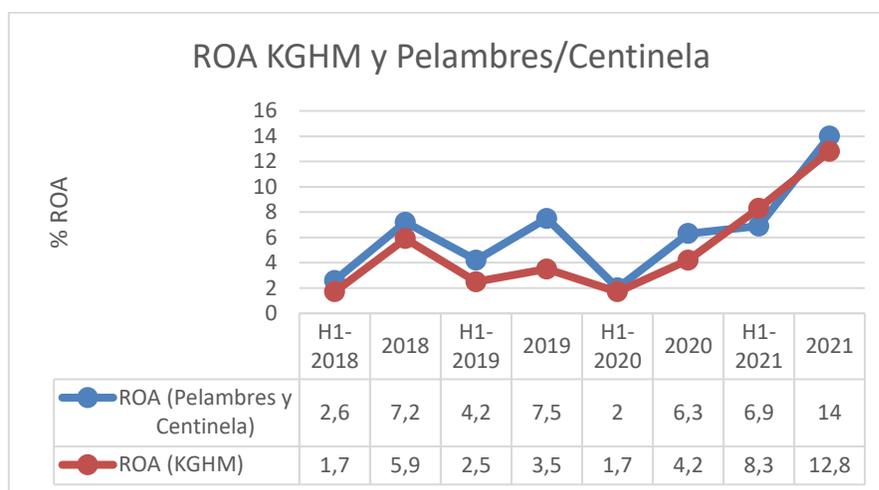
Cálculo ROA de Pelambres-Centinelá (H1-2018 al 2021)

Para calcular el ROA de P/C se detallan las ganancias/beneficio neto y activos totales obtenidos entre H1-2018 al 2021, los que se resumen a continuación:

Tabla N° 18: Valor ROA de Pelambres y Centinela comprendido entre los periodos H1-2018 y 2021.

Pelambres y Centinela		Interés después de impuestos + utilidad neta (M USD)	Total assets (M USD)	ROA (%)
H1	Year			
2018		323,3+29=352,3	13548,8	2,6
	2018	789+224=1013	14102,5	7,2
2019		409,2+187,3=596,5	14241	4,2
	2019	785,9+312,1=1098	14610,4	7,5
2020		364,4-61,9=302,5	14684,3	2,0
	2020	946,5+94,1=1040,6	16604,3	6,3
2021		815,6+380,7=1196,3	17230	6,9
	2021	1535,8+889,8=2425,6	17278	14

Fig. N° 39: Curva valor ROA KGHM y Pelambres-Centinelas entre los periodos H1-2018 y 2021.



En valor promedio del ROA para Pelambres/Centinelas y KGHM es de 6,3 y 5,1 respectivamente con una desviación estándar de 3,8 aproximadamente en cada caso. El criterio para un buen ROA son valores iguales o mayores a 5% [36], por lo tanto, Pelambres y Centinela cumplen con este criterio a término de cada periodo. En cambio, KGHM cumple con este criterio a excepción del cierre de 2019 y 2020 acercándose a valores próximos a un 5%.

Se debe considerar, que al cierre del periodo 2021 Pelambres y Centinela duplicaron el resultado de ROA respecto al cierre de 2018, 2019 y 2020 esto apalancado principalmente por reducción de los ingresos manteniendo costo operacional levemente menor respecto al mismo periodo H1-2019.

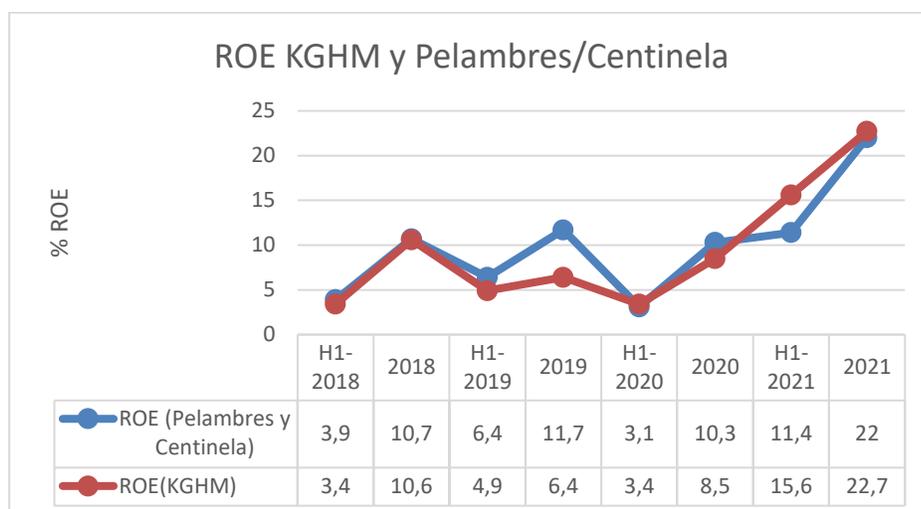
Calculo ROE de Pelambres-Centinelá (H1-2018 al 2021)

Para calcular el ROE de P/C, se detallan las ganancias/beneficio neto y patrimonio obtenidos entre H1-2018 al 2021, los que se resumen a continuación.

Tabla N° 19: Valor ROE Pelambres y Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021

Pelambres y Centinela		Interés después de impuestos + utilidad neta (MM USD)	Capital	ROE (%)
H1	Year			
2018		323,3+29=352,3	9054,3	3,9
	2018	789+224=1013	9438,1	10,7
2019		409,2+187,3=596,5	9245,6	6,4
	2019	785,9+312,1=1098	9401	11,7
2020		364,4-61,9=302,5	9782,9	3,1
	2020	946,5+94,1=1040,6	10081,1	10,3
2021		815,6+380,7=1196,3	10468,7	11,4
	2021	1535,8+889,8=2425,6	11029	22,0

Fig. N° 40: Curva valor ROE KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.



Como se observa la figura anterior, el ROE resultante de Centinela-Pelambres es superior al de KGHM en la mayoría de los periodos. Sin embargo, en H1-2020, H1-2021 y 2021, KGHM obtuvo un resultado del ROE superior a Pelambres-Centinela con un valor de 3,4, 15,6 y 22,7% respectivamente.

En valor promedio del ROE entre H1-2018 y 2021 para Pelambres-Centinela es de 9,9% y para KGHM de 9,4% con una desviación estándar de 5,9% y 6,7% respectivamente. El criterio para un buen ROE para minería está del orden de 28,58% [37] según un estudio del profesor Aswath Damodaran de la Universidad de New York y un valor promedio del mercado de 8,25% [38]. En ambos casos, KGHM y P/C, se encuentran bajo del valor ROE especificado en el estudio del profesor Aswath Damodaran, sólo acercándose al cierre de 2021 con un ROE del 22%. No obstante, se ajustan mejor al valor promedio del mercado como ocurre para ambos casos.

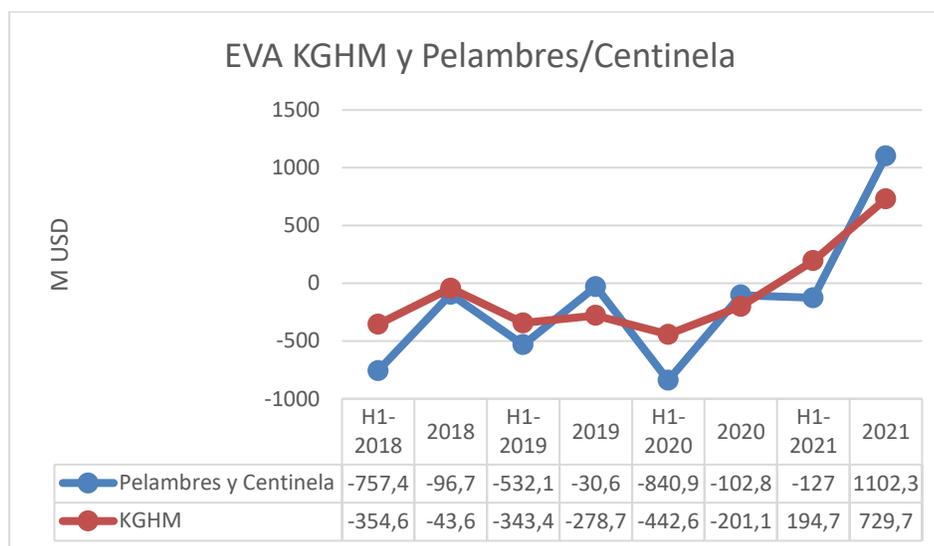
De acuerdo a los resultados anteriores, Pelambres-Centinela fue más eficiente en el uso del dinero invertido para generar ganancias a los stakeholders o accionistas en la mayoría de los periodos comprendidos entre H1-2018 al 2021. No obstante, existen periodos como los mostrados en H1-2020, H1-2021 y 2021 en que KGHM fue más eficiente en el uso de recursos que Pelambres-Centinela, más aún considerando la operación en un escenario de integración vertical.

Tabla N° 20: Calculo EVA y RC de Pelambres y Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021

Pelambres y Centinela		Deuda largo plazo: Long-term loans - P	Capital total de accionistas: Equity - K	Capitalización total P+K	Costo capital x capital = $(P+K)*0,1$	NOPAT = Profit for the period	EVA (M USD)	Rendimiento de capital (%)
H1	Year							
2018		1955,1	9141,6	11096,7	1109,7	352,3	-757,4	3,2
	2018	1955,1	9141,6	11096,7	1109,7	1013	-96,7	9,1
2019		1847,9	9438,1	11286	1128,6	596,5	-532,1	5,3
	2019	1847,9	9438,1	11286	1128,6	1098	-30,6	9,7
2020		2032,9	9401	11433,9	1143,4	302,5	-840,9	2,6
	2020	2032,9	9401	11433,9	1143,4	1040,6	-102,8	9,1
2021		3151,4	10081,1	13232,5	1323,3	1196,3	-127	9,0
	2021	3151,4	10081,1	13232,5	1323,3	2425,6	1102,3	18,3

Un EVA negativo significa que la compañía perdió valor y el resultante debería ser un retorno más bajo para los accionistas [34].

Fig. N° 41: Tendencia EVA KGHM y Pelambres/Centinelita entre los periodos H1-2018 y 2021.



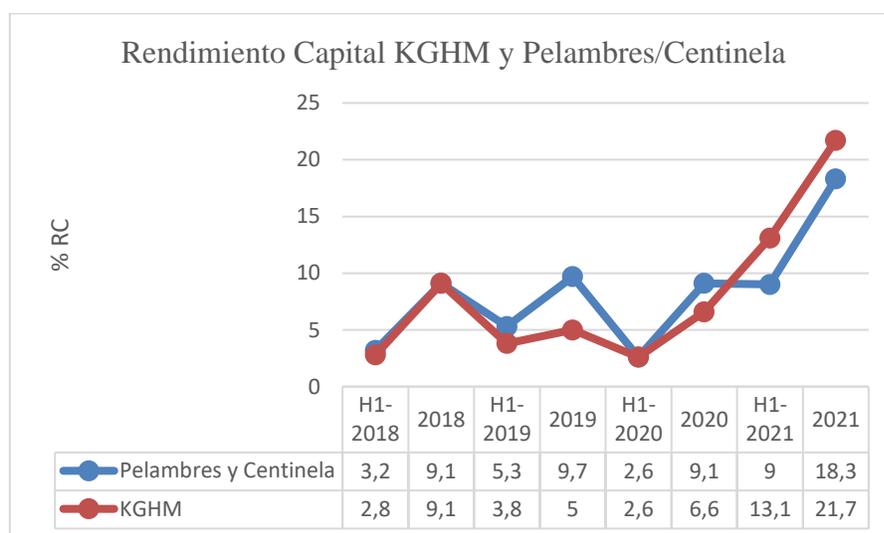
Cuando los equipos financieros preparan un análisis financiero como estado de resultado, empiezan con los ingresos y después deducen los costos de operación y de otro tipo. Sin embargo, un costo importante no se incluye: el costo del capital que la compañía ha recaudado de los inversionistas. Por lo tanto, para ver si la empresa ha creado valor, es necesario medir si ha obtenido ganancias después de deducir todos los costos, incluyendo su costo de capital.

El costo capital es la tasa de rendimiento mínima aceptable sobre una inversión de capital. Es un costo de oportunidad del capital, ya que es igual a la tasa esperada de rendimiento sobre las oportunidades de inversión disponibles para los inversionistas en los mercados financieros. La empresa crea valor para los inversionistas solo si puede ganar más que su costo capital, esto es, más que lo que sus inversionistas pueden ganar si invierten por su cuenta.

La ganancia después de deducir todos los costos, entre ellos el costo capital, se denomina valor económico agregado o EVA. Por lo tanto, como se observa en el gráfico N° 41, KGHM tiene un mejor EVA (menos negativo) que Pelambres/Centinelita para los periodos H1-2018, 2018, H1-2019, H1-2020 y H1-2022. Sin embargo, Pelambres tiene mejor cierre de años respecto a resultados de EVA para los periodos 2019, 2020 y 2021. Particularmente, al cierre de 2021 KGHM y Pelambres/Centinelita generaron respectivamente \$1102,3 y \$729,7 millones de dólares más de lo que los inversionistas requerían.

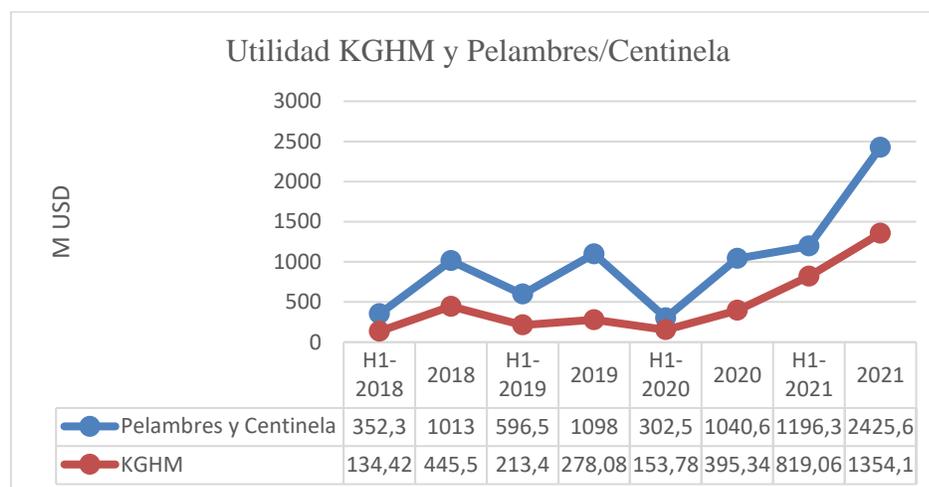
En este sentido, también se debe destacar que KGHM tiene una menor variabilidad que Pelambres/Centinela en los resultados de EVA para los periodos mencionados con un valor EVA promedio de -92,5 y -173,3 millones de dólares con una desviación estándar de 389,4 y 606,6 millones de dólares respectivamente. Finalmente, se puede concluir que KGHM, al igual que Pelambres/Centinela, en promedio no generó valor para los inversionistas. No obstante, KGHM tuvo un mejor EVA (menos negativo) en promedio en comparación con Pelambres/Centinela.

Fig. N° 42: Tendencia rendimiento capital KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.



Considerando que el costo capital tanto para KGHM y Pelambres/Centinela es de 10%, solo al cierre de 2021 ambas empresas ganaron un 8,3% y 11,7% respectivamente más de lo que los accionistas requerían. Para todos los periodos anteriores, el retorno para los inversionistas de KGHM y Pelambres/Centinela fue menor al 10% con un promedio 6,9% y 9,3% respectivamente al cierre de los periodos 2018, 2019 y 2020.

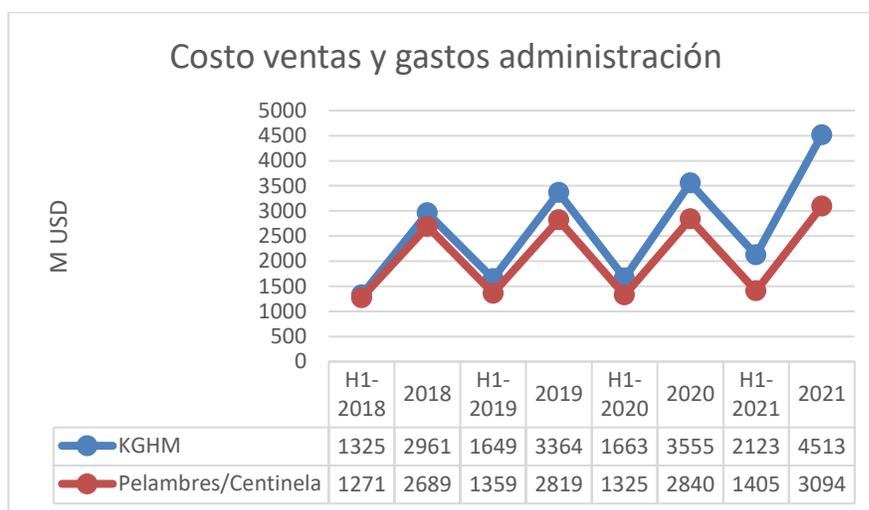
Fig. N° 43: Tendencia utilidad KGHM y Pelambres/Centinela entre los periodos H1-2018 y 2021.



Para el caso de las utilidades (antes intereses y después de impuestos), los resultados son evidentes. Pelambres y Centinela supera en términos de ingresos a KGHM en todos los periodos. Lo anterior está apalancado principalmente por los contratos de cobre, como se explicó en apartado anterior, Antofagasta PLC negoció sus contratos de cobre a futuro a precios entorno a \$5,0 USD/lb, en cambio, KGHM a precios cercanos a \$4,25 USD/lb.

Sumando a lo anterior, se debe notar que Pelambres y Centinela mantienen controlados sus costos de ventas y gastos administrativos en cambio para el caso de KGHM contra mayor es el ingreso por ventas mayor es el costo por venta y gastos administración como se observa en las tablas N° 7 y N° 15 y que se representa en la figura N° 44, lo que finalmente reduce los resultados de utilidad neta después de impuestos.

Fig. N° 44: Costo venta y gastos administración de KGHM y Pelambres/Centinela para los periodos H1-2017 y 2021.



Se observa en la figura N° 44 que Pelambres/Centinela mantienen sus costos y gastos constantes en el tiempo, en cambio KGHM contra mayor ingresos por venta recibe mayor son sus costos y gastos. Esto finalmente impacta en la utilidad reportada en sus declaraciones financieras. Notar por ejemplo, para el periodo 2021 respecto a 2020 KGHM aumento sus costos y gastos en 958 M USD lo que se descontaron directamente a los mayores ingresos recibidos en 2021. En cambio, para el mismo periodo 2021 respecto a 2020 Pelambres/Centinela mantuvo sus costos y gastos con un diferencial de 254 M USD.

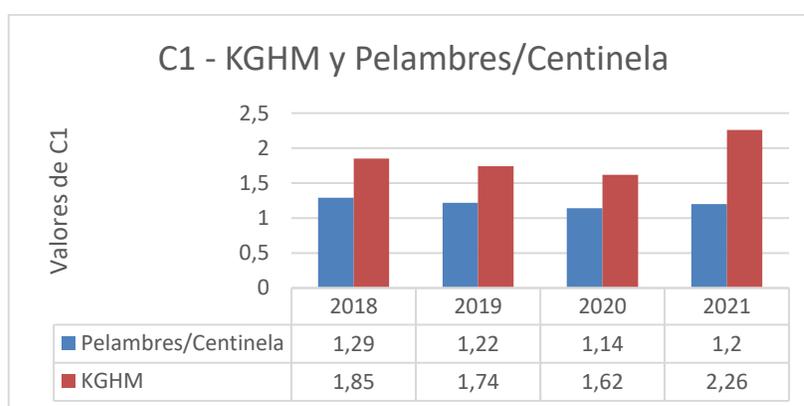
Si se compara tonelaje procesado que se trasforma en cobre pagable (Input) respecto a la suma de los costos de ventas y gastos de administración afectos durante la operación (Output), KGHM es más ineficiente respecto a la operación de Pelambres y Centinela. Esto se acentúa más aun considerando que los precios de cobre pactados en los contratos de ambas empresas existe un diferencial dado entre 5,0-4,25 USD/lb que equivale a 0,75 dólares por libra de cobre que KGHM no está recibiendo en sus ingresos por periodo quedando en evidencia en la utilidad neta recibida después de impuestos (NOPAT) mostrada en la figura N° 43.

Dicho de otra forma, la naturaleza de las operaciones de ambas empresas afecta el resultado de sus estados financieros. Los costos de ventas para producir alambraón son mayores que los costos de ventas para producir concentrado de cobre y/o cátodos electrolíticos desde minerales oxidados. En cambio, los gasto de administración son significativamente menores según lo reportado por KGHM respecto a lo declarado por Pelambres/Centinela.

El desafío para una empresa integrada verticalmente (hasta producción de alambroón) es producir en etapas previas lo más eficiente posible con el objetivo de reducir al máximo sus costos de ventas y marginar. Dado que la mayor brecha está asociada a los costos de ventas se revisan los Cash Cost (C1) de ambas empresas según los datos indicados en las tablas N° 6 y N° 11. Como se indican en estos casos el C1 de KGHM en promedio es superior al reportado por Pelambres/Centinela.

En ese aspecto KGHM define su C1 como el costo unitario en efectivo de la producción de cobre pagable, que refleja los costos de extracción y procesamiento del mineral, los costos de transporte, el impuesto de extracción de minerales, los gastos administrativos durante la fase de extracción y los cargos por tratamiento y refinación de fundición (TC/RC) menos el valor del subproducto. El costo C1 se refiere al cobre pagadero en concentrado propio en el caso del segmento KGHM Polska Miedz S.A.

Fig. N° 45: Valores C1 para KGHM y P/C comprendidos entre 2018 y 2021.



Como se observa en la figura N° 45 los valores de C1 para KGHM son superiores en todos los periodos comprendidos entre 2018 y 2021. Notar que existe una diferencial de tonelajes procesados en los años 2018, 2019 y 2020 de 104 kt, 75 kt y 46 kt respectivamente. En 2021 existe un diferencial menor que equivale a 21,3 kt, no obstante es el periodo en que la diferencia de C1 alcanza el mayor valor.

Este último resultado, sumado a la evidencia anterior, impactan directamente a los resultados financieros de ambas empresas. Claramente la mejor eficiencia operativa de Pelambres/Centinela en términos de menores costos de ventas y gastos administrativos, menor cash cost neto, mejores precios en contratos a largo plazo impactan en resultados más positivos que KGHM.

Como se revisó, el resultado financiero interanual obtenido por Pelambres-Centinela, en la mayoría de los casos, es superior al de KGHM Polska Miedz. Esto indica que la decisión estratégica operativa del grupo Antofagasta PLC está en el rumbo correcto. No obstante, si se analizan estas compañías solamente en términos de ingresos, se puede notar que no existen diferencias extremas (tabla 10). Además, se debe considerar que el resultado obtenido por Pelambres y Centinela están apalancado con un diferencial de tonelaje levemente superior respecto al de KGHM.

Tabla N° 21: Diferencial de ingresos obtenido en Pelambres-Centinela respecto a KGHM.

Ingresos (M USD)	H1-2018	2018	H1-2019	2019	H1-2020	2020	H1-2021	2021
KGHM	1,581	3,466	1,942	3,890	1,957	4,251	2,671	5,416
Pelambres-Centinela	1,816	4,102	2,218	4,371	1,846	4,499	3,168	6,602
% P-C/KGHM	14,8	18,3	14,2	12,3	-5,6	5,8	18,6	21,8

Esto quiere decir que las diferencias en los resultados financieros expuestos anteriormente se deben netamente a las decisiones ejecutivas las que implican en mayores costos administrativos/ventas, inclusive a la zona geográfica de la operación y no necesariamente al tipo de producto entregable en la producción.

Por lo que el paso de una producción de concentrados y/o cátodos hacia alambrón de cobre está condicionada. Se debe tener en cuenta una serie de consideraciones para evitar ineficiencias que se encuentran principalmente en costos operativos y contratos pactados. Los que permitirían apalancar mejores resultados considerando que los ingresos para ambos negocios no son tan dispares.

Es inevitable indicar que realizar el “trade-off” para llevar toda la producción de concentrados a producción de alambón de cobre sería un error, menos aún considerando que en un escenario de alzas de precios del cobre es cuando se obtienen mayores utilidades. No obstante, se puede extraer luego del análisis financiero anterior que existe una ventaja comparativa operativa en Chile respecto a la Europea. Se demostró que localmente existen menores costos de operación, lo que favorece sin duda a los resultados financieros finales.

Lo anterior sugiere que es posible acotar una producción de alambón de forma local, considerando un escenario de precios del commodity de cobre bajo o medio que permitirían competir comercialmente con mercados europeos y/o simplemente abastecer mercados de Latinoamérica. Esta posibilidad se intensifica aún más por la actual necesidad de productos trefilados que se requieren en la fabricación de autos eléctricos, negocio del que se proyecta una elevada demanda en el corto plazo y a la vez constituye una oportunidad de negocio para quienes puedan asegurar stocks de esta manufactura a potenciales clientes de la industria electro-automotriz. En este aspecto, todas las compañías mineras están estratégicamente comprometidas en la carbono neutralidad del planeta, por lo que asegurar el suministro de rollos de alambre, más allá de concentrados o cátodos de cobre, se ajusta al compromiso declarado en su carta de valores y se alinea a las megatendencias globales para la descarbonización comprometida para las próximas décadas.

Para la producción en serie de rollos de alambre en una planta minera local se debe considerar la inversión de una planta metalúrgica con la tecnología suficiente, como los expuestos en el capítulo 3.1.3., para producir de forma competitiva a niveles similares a los de KGHM Polska Miedz lo que se analiza a continuación en el siguiente capítulo.

INVERSIÓN EN UNA PLANTA METALÚRGICA ALAMBRÓN DE COBRE

Como se determinó en el apartado anterior, en esta sección se propone que una compañía minera local que produzca al menos 550 kta concentrados de cobre invierta en activos para la operación de una planta metalúrgica de alambón con capacidad 244 kta equivalente a la producción anual de productos de cobre de la empresa Polska Miedz de KGHM.

Los dos casos posibles para producir cátodos electrolíticos, necesarios para abastecer a una planta de alambón de cobre, son los siguientes:

1. Desde una planta Fu-Re (caso análisis)
2. Desde una planta SX-EW

Según lo explicado en el capítulo 2.3 los cátodos de cobre provenientes de plantas hidrometalúrgicas (SX-EW), decrecerán a una tasa anual del 6% al 2030. Lo anterior, constituye una amenaza para el abastecimiento de esta materia prima necesaria para una planta de alambón. Por lo tanto, se establece como caso de análisis el abastecimiento de cátodos provenientes desde una FURE.

Adicionalmente, para el caso de análisis, el abastecimiento de cátodos de cobre desde una Fundición y Refinería – FURE–, se pueden distinguir las siguientes alternativas:

- a) La empresa minera tenga dentro de sus activos una FURE y plantee integrar una planta metalúrgica en sus instalaciones.
- b) La empresa minera deba establecer contratos a largo plazo con una FURE externa para asegurar abastecimientos de cátodos de cobre a la planta de alambón (caso de análisis).

La planta metalúrgica de la empresa minera se abastecerá con cátodos electrolíticos provenientes desde una FURE a través de un contrato a largo plazo de 240 kt anuales, la ubicación de la planta de alambón no deberá exceder un radio de 300 km, similar al caso de la planta metalúrgica Cedynia que es abastecida de cátodos electrolíticos desde las fundiciones de Glogów y Legnica en Polonia.

En paralelo, la compañía minera continuaría comercializando al menos 300 kt de concentrados de cobre.

5.1.1 Caracterización productos de planta metalúrgica de alambón.

El producto principal es alambón de 8 mm de diámetro y producto secundario alambre de diámetros obtenidos desde un solo hilo (con diámetro inferior a 0,1 mm) y de más hilos (diámetros de mínimo 0,1 mm).

La producción principal representa 80-90% de la producción total y 10-20% la elaboración del productos secundarios. La variación entre uno y otro dependerá de los contratos de mediano y largo plazo establecidos con clientes.

Figura N° 46: Rollos de alambón en preparación para despacho a clientes.



En el proceso de Contirod se produce alambre de cobre con una estructura de grano fino y distribución uniforme de oxígeno. En la primera fase de producción, los cátodos de cobre se funden en un horno Asarco y el cobre líquido llega al horno precipitador desde donde se dosifica a la maquinaria de fundición Hazelett, en la que se cristaliza en una cadena de moldes de 60 x 122 mm. Luego se lamina en su forma final, es decir, en barra de alambre de 8 mm enrollado en bobinas de 5 toneladas y protegido con una capa de cera sintética contra la oxidación secundaria.

El alambón es utilizado principalmente como conductor de corriente con aplicación en la industria del cable para la producción de hilos de cobre para cables de energía, cables e hilos conductores especiales, hilos conductores esmaltados, hilos y cordones eléctricos e hilos conductores para la electrónica.

5.1.2 Costo capital planta metalúrgica

Los costos capitales de una planta de alambón en 1984 son los que se muestran en la tabla abajo para un proceso de fundición continua Southwire o Contirod [39]. Outokumpu (Finlandia), Essex International (USA) y General Electric (USA) tienen plantas más pequeñas capaces de producir 1000 toneladas o más por mes. Los costos capitales de estas plantas son más bajos, aunque sus costos operacionales por tonelada de alambón son probablemente mayores. Sin embargo, ambos podrían ser viables en un limitado mercado interno.

Tabla N° 22: Costos capitales de una planta alambrión de cobre de 120,000 toneladas por año (Southwire o Contirod)

	kUS\$	(%)
Melting facilities	1340	7,1
Casting machine, Rolling mill	6000	31,7
Other equipment	2920	15,4
Picking line	350	1,9
Installation	3350	17,7
Buildings	1250	6,6
Miscellaneous	300	1,6
Engineering	1250	6,6
Owner's cost	400	2,1
Contingency	1750	9,3
Total	18,910	100%

De lo anterior, el costo capital de una producción anual de 240,000 toneladas por año es aproximadamente \$32,000 a \$38,000 kUSD.

En un estudio de inversión del gobierno Saudi de 2020 [40], se indica que una planta productora de alambrión de cobre de 115,000 toneladas anuales, requiere una inversión aproximada de \$30,000 kUS. Por lo tanto, para una planta de alambrión de 230,000 a 240,000 toneladas anuales requiere de una inversión aproximada de \$60,000 kUSD.

Para el cálculo de los costos de operación de una planta metalúrgica de alambrión, se detallan los costos de mano de obra [41], directa e indirecta, en la tabla a continuación:

Tabla N° 23: Calculo costo mano de obra directa e indirecta para una planta de alambrón

Mano de obra directa	USD/h	Cantidad	HH/mes	Total mensual USD/mes	HH/año	Total anual USD/año
Operadores	7	35	160	39,200	1920	470,400
Supervisores	25	4	160	16,000	1920	192,000
Gerente	52	1	160	8,320	1920	99,840
		40		63,520		762,240
Mano de obra indirecta	USD/h	Cantidad	HH/mes	Total mensual USD/mes	HH/año	Total anual USD/año
Logística	7	4	160	4,480	1920	53,760
Abastecimiento	7	1	160	1,120	1920	13,440
Bodega	7	2	160	2,240	1920	26,880
Facturación	7	1	160	1,120	1920	13,440
Asistente Adm.	7	1	160	1,120	1920	13,440
				10,080		120,960

Para el funcionamiento de la planta se consideran turnos de 8 horas diarias, con jornada laboral de lunes a viernes.

5.1.3 Costos operacionales anuales de una planta de alambrón de cobre

En la siguiente tabla se muestran los principales costos asociados a la operación de la planta metalúrgica. Los principales costos están asociados a los de fabricación particularmente al consumo de energía eléctrica, consumo de gas, consumo de agua y contratos de transporte.

Tabla N° 24: Costos de operación planta metalúrgica de alambón

COSTOS OPERACIONALES	COSTO ANUAL	COMENTARIO	CONSUMO	UM	TARIFA	UM	TARIFA	UM	TOTAL ANUAL	UM	COSTO ANUAL	UM
COSTOS FABRICACION												
SUMINISTROS	1,000											
MANTENIMIENTO	400,000											
MANO DE OBRA DIRECTA	762	Ver tabla sueldos										
INSUMOS	1,000											
ENERGIA	2,872	Ver cálculo	100	kWh /ton	105.9	Eur/ MWh	\$0.119667	USD /kWh	240,000	ton	2,872	kUSD
GAS	6,997	Ver cálculo	462,4	kWh /ton	55.8	Eur /MWh	0.063054	USD /kWh	240,000	ton	6,997	kUSD
TRANSPORTE	7,200	Ver cálculo	-	-	30	USD /ton	-	-	240,000	ton	7,200	kUSD
AGUA	7,300	Ver cálculo	1666,7	m3/h	0.5	USD/m3			8,760	hora	7,300	kUSD
SUBTOTAL	27,531											
COSTOS ADMINISTRACION												
SUELDOS ADMINISTRATIVOS	120	Ver tabla sueldos										
GASTOS GENERALES	60											
SUBTOTAL	180											
COSTOS VENTAS												
SUELDO DE VENTAS	240	Ver tabla sueldos										
CAMIONETAS	42											
PUBLICIDAD	20											
SUBTOTAL	302											
COSTOS FINANCIEROS												
INTERESES CREDITO	4,200		60,000	kUSD	7	%					4,200	kUSD
COMISIONES BANCARIAS												
SUBTOTAL	4,200											
TOTAL	32,213											
USD/TON	134											
EUR/TON	119											

Según la tabla anterior el costo operacional de una planta de alambión de cobre es de 134 dólares por tonelada (119 Eur/ton).

Notar que en los costos de fabricación no está considerado el valor de los cátodos electrolíticos. Por lo tanto, el costo operacional total debe ser el costo del cátodo más el costo operativo antes calculado.

Tabla N° 25: Capital de trabajo de una planta alambión de cobre

Capital de Trabajo	Costos totales	Costos totales	Costos totales
	Anuales	Mensuales	Diarios
Costos de Producción	\$ 732.159.875	\$ 61.013.323	\$ 2.005.917
Costos de Administración	\$ 180.960	\$ 15.080	\$ 496
Costos de Ventas	\$ 302.000	\$ 25.167	\$ 827
Costos Financieros	\$ 4.200.000	\$ 350.000	\$ 11.507
Total USD	\$ 736.842.835	\$ 61.403.570	\$ 2.018.747

El capital de trabajo incluye en los costos de producción el valor del cátodo electrolítico necesarios para la operación. Esta planta de alambión que procesa 240,000 toneladas por año opera en 2 turnos de 10 horas produciendo 20,000 toneladas mensuales. Por otra parte, una línea avanzada Contirod con una producción de 25 a 30 toneladas por hora, tiene un consumo energético de 38 kWh/ton y una planta menos eficiente o tecnología antigua tiene un consumo aproximado de 100 kWh/ton [42]. Considerando que la tarifa energética en Chile durante el 2022 fue de 88,9 \$/kWh⁶, para el consumo de una planta de baja eficiencia se obtiene que el consumo eléctrico anual es de 2.133 millones de pesos (2.37 millones de dólares aproximadamente)

En una planta de alambión de cobre ubicada en Silvasa India, que produce 10 a 12 toneladas por hora consume 34 kilogramos de propano por tonelada de cobre fundida. Considerando que 1

⁶ <https://www.cne.cl/precio-medio-de-mercado-2/>

kilogramo de gas equivale a 13.6 kWh se obtiene para una planta de 240.000 toneladas anuales consumo anual de 110.976 MWh. La tarifa promedio de gas en Chile el 2013 fue de 60,1 \$/kWh⁷, lo que equivale a 6.700 millones de pesos (7.000 millones de dólares). A continuación se muestran dos escenarios conservadores de ingresos por venta de rollos de alambre de cobre dependiendo del valor del contrato pactado.

Tabla N° 26: Resultados de EBIT según valor de contratos pactados de rollos de cobre.

	U/M	Contrato 3,0 US\$/lb	Contrato 4,0 US\$/lb
Producción	t Cu/a	240.000	240.000
	t Cu/d	657,5	657,5
	t Cu/h	27,4	27,4
Precio Cu LME	US\$/t Cu	6.614	8.819
Valor contrato rollo alambre	US\$/lb Cu	3,0	4,0
Ingresos	US\$/h	181.224	241.641
	US\$/d	4.349.366	5.799.374
	US\$/m	130.480.992	173.981.232
	US\$/a	1.587.518.736	2.087.774.784
Gastos + Costos	US\$/a	736.842.835	736.842.835
EBIT	US\$/a	850.675.901	1.350.931.949

⁷ https://es.globalpetrolprices.com/Chile/natural_gas_prices/

Tabla N° 27: Resumen de costos e ingresos por ventas anuales

Capacidad anual – operación 2 turnos – 240,000 toneladas de producción					
REQUERIMIENTOS DE CAPITAL			ENERGIA, COMBUSTIBLE & AGUA		
Capital fijo			kUSD		
Terreno			Energía eléctrica		
Construcciones			Combustible (gas natural)		
Maquinaria, mobiliario y accesorios			Agua		
Total capital fijo \$			Total \$		
CAPITAL DE TRABAJO		N° de días	kUSD	TRANSPORTE	
Costos de fabricación		30	61.013	Transporte propio	
Costo financiero		30	350	Transporte externo	
				Total \$	
Costos de administración		30	15	Mano de obra – Operación 2 turnos	
Costos de ventas		30	25	Mano de obra directa	
				Mano de obra indirecta	
Total capital \$			61.403	Total \$	
				883,200	
SUMINISTRO & MATERIALES		UM	Anual	COSTOS TOTALES E INGRESOS POR VENTAS	
			Costo anual kUSD		
Materiales Directos				Costos anuales	
				kUSD	
Cobre electrolítico		Ton	240.000	Suministros	
			704.628	(1.000)	
Suministros				Costos mano de obra	
				(883)	
Ácido sulfúrico		Lts	200	Costos fabricación	
				(732.159)	
Piping		Mts	200	Costos administración	
				(181)	
Matrices de alambón		C/u	200	Costos de ventas	
				(302)	
Lubricación		Lts	200	Costo financiero	
				(4.200)	
Herramientas		C/u	100	Costos anuales totales \$	
				(738.725)	
		Total \$	705.528	Ingresos anuales por ventas \$ (3,00 USD/lb)	
				1.587.518	
				Ingresos anuales por ventas \$ (4,00 USD/lb)	
				2.087.774	
				Total kUSD \$	
				848.793	
				Total kUSD \$	
				1.349.049	

*La compañía minera venderá a su planta alambón cátodos electrolíticos al costo de producción concentrados de cobre + descuentos TC/RC, que en la suma en un valor menor al transado en la LME.

**Cash cost promedio de faenas mineras en Chile es de 1,2-1,4 US/Lb (2,645-3,086 USD/Ton)

***TC/RC equivalen 10%-11% adicional al costo producción para llevar a cátodo.

****Precio de cátodo a planta metalúrgica es 2,645 USD/ton*1,11=2,935.95 USD/ton

5.1.4 Estimación periodo retorno (payback) planta alambón

En la siguiente tabla se muestran los flujos mensuales de acuerdo a los ingresos por ventas y egresos de una planta metalúrgica considerando escenarios para contratos de rollo de cobre de 3 y 4 USD/lb. Las ventas corresponden a rollos de alambre de 8 mm de diámetro que son comercializados a través de contratos a largo plazo. A continuación se muestra los flujos de caja según el valor pactado por cada contrato o precio pactado.

Tabla N° 28: Flujo caja para contrato largo plazo a 3 US\$/lb

Contrato 3 USD/Lb	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13
Ingresos de caja (kUSD)	130.481												
Ventas (kUSD)	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481	130.481
Cantidad (ton)	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728
Precio (USD/Ton)	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614	6.614
Egresos de caja (kUSD)	61.404												
Mano de Obra	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074
Costos Producción	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013
Costos Administración	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Costos de Venta	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Costos Financieros	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Suministros	0,083	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	0,083
Flujo del mes	69.077												
Flujo Acumulado	69.077	138.155	207.232	276.309	345.386	414.464	483.541	552.618	621.695	690.773	759.850	828.927	898.005

Como resultado se obtienen flujos mensuales positivos de \$69.077 kUSD los que permanecen constante durante todo el periodo fiscal. Por otra parte, el flujo acumulado muestra como resultado que en el periodo 13, se obtiene un flujo de 898.005 kUSD, que supera a los 850.675 kUSD (tabla N° 26) resultado de Ingresos/Costos de una planta operando a 3,0 US\$/lb. Lo que significa que la planta de alambro comienza a generar utilidades a partir del periodo número 13 luego de su puesta en marcha.

Tabla N° 29: Flujo caja para un contrato largo plazo 4,0 US\$/lb

Contrato 4 USD/lb	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos de caja (kUSD)	173.981	173.981	173.981	173.981								
Ventas (kUSD)	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981	173.981
Cantidad (ton)	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728	19.728
Precio (USD/Ton)	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819	8.819
Egresos de caja (kUSD)	61.404	61.404	61.404	61.404								
Mano de Obra	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074
Costos Producción	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013	61.013
Costos Administración	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Costos de Venta	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Costos Financieros	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Suministros	0,083	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Flujo del mes	112.578	112.578	112.578	112.578								
Flujo Acumulado	112.578	225.155	337.733	450.310	562.888	675.465	788.043	900.620	1.013.198	1.125.775	1.238.353	1.350.930

En la tabla N° 27 se obtienen flujos mensuales positivos de \$112.578 kUSD los que permanecen constante durante todo el periodo fiscal. Por otra parte, el flujo acumulado muestra como resultado que en el periodo 12 , se obtiene un flujo de 1.350.930 kUSD, similar a los 1.350.931 kUSD (tabla N° 26) resultado de Ingresos/Costos de una planta operando a 4,0 US\$/lb. En este caso significa que la planta de alambro comienza a generar utilidades a partir del periodo número 12 luego de su puesta en marcha.

En la siguiente tabla, se muestra la inversión en activo fijo inicial de la planta de alambón y el costo capital trabajo necesario para la operación a partir del periodo 0. Se considera una tasa del 10%⁸ esperada por los inversionistas para recuperar el capital invertido y obtener ganancias. La tasa antes mencionada coincide con el WAAC exigido tanto para las operaciones de KGHM y Antofagasta PLC informada para ambos casos en sus declaraciones financieras⁹.

Tabla N° 30: Flujos futuros de una planta metalúrgica para contratos de 3,0 US\$/lb

FLUJOS FUTUROS (3,0 US\$/lb)	0	1	2	3	4	5
SALDO ACTUALIZADO	-\$ 161.403	\$ 69.077	\$ 69.077	\$ 69.077	\$ 69.077	\$ 69.077
SALDO ACUMULADO	-\$ 161.403	\$ 62.797	\$ 57.088	\$ 51.899	\$ 47.181	\$ 42.891
	-\$ 161.403	-\$ 98.606	-\$ 41.517	\$ 10.381	\$ 57.562	\$ 100.453
TASA	10%					
VNA	\$ 261.856,18					
VAN	\$ 100.453					
TIR	32%					
PR	2,8					

⁸ <https://kghm.com/en/investors/results-center/financial-reports>

⁹ <https://www.antofagasta.co.uk/investors/reports-presentations/>

Tabla N° 31: Flujos futuros de una planta metalúrgica para contratos de 4,0 US\$/lb

FLUJOS FUTUROS (4,0 US\$/Lb)	0	1	2	3	4	5
SALDO ACTUALIZADO	-\$ 161.403	\$ 112.578	\$ 112.578	\$ 112.578	\$ 112.578	\$ 112.578
SALDO ACUMULADO	-\$ 161.403	\$ 102.344	\$ 93.040	\$ 84.582	\$ 76.892	\$ 69.902
	-\$ 161.403	-\$ 59.059	\$ 33.980	\$ 118.562	\$ 195.454	\$ 265.356
TASA	10%					
VNA	\$426.759,19					
VAN	\$ 265.356					
TIR	64%					
PR	1,6					

Para el caso de contratos pactados a 3,0 US\$/lb el VAN de este proyecto recupera la inversión inicial para la tasa impuesta del 10% y además genera excedentes \$100,453 kUSD, por lo que la implementación de esta inversión genera valor. Por otro lado, la tasa interna de retorno es de 32% mayor al 10% impuesto originalmente. En cuanto al periodo de retorno (PR), se muestra que en el mes 2,8 se recupera la inversión incluyendo los costos operativos del mes inicial.

Mas favorable es el caso de contratos pactados a 4 US\$/lb en que el VAN de este proyecto recupera la inversión inicial para la tasa impuesta del 10% y genera excedentes \$265,356 kUSD, lo que significa que esta inversión genera valor. Por otro lado, la tasa interna de retorno es de 64% mayor al 10% impuesto originalmente. En cuanto al periodo de retorno (PR), se muestra que en el mes 1,9 se recupera la inversión incluyendo los costos operativos del mes inicial.

Se debe notar que la recuperación se lleva a cabo en corto plazo, no obstante se espera que la planta metalúrgica funcione inicialmente en un periodo de “marcha blanca” antes de alcanzar el “ramp-up”, lo que probablemente se extienda entre 4 a 6 meses. Esto último va a depender de las recomendaciones de los proveedores de los equipos. Por lo tanto, se debe sumar 4 a 6 meses a los 2,8 y 1,9 meses estimados del periodo de retorno que dependen de los valores de contrato pactado para la venta de rollos de alambre.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego del análisis de resultados de indicadores financieros de KGHM (tabla 11) entre 2018 y 2021 se pudo determinar que la compañía generó valor sólo en 2021, periodo en que los contratos de productos de cobre (cátodos y alambrón de cobre) superaron los 4,00 US\$/lb con una tasa exigida por los inversionistas de un 10%. Dicho de otra forma, para costos C1 entre 1,8 y 1,9 US\$/lb, como los reportados por KGHM, los contratos de cobre pactados deben ser al menos de 4,00 US\$/lb para generar valor. Dado que los costos C1 informados por Antofagasta PLC varían entre 1,2 y 1,4 US\$/lb y considerando contratos igual o superior a 4,0 US\$/lb favorecería la posibilidad de generar mayores ingresos de forma eficiente y crear mayor valor a los inversionistas.

Desde las tablas 8 y 16 se extrae que en P/C contra mayor es el ingreso percibido esta compañía mantiene sus gastos de administración y costos por ventas. La relación entre ingreso/costo-gasto es 46.8 y 65.5%. Caso contrario, en KGHM contra mayor es el ingreso existe un aumento de su gasto de administración y costo de venta. La relación entre ingreso/costo-gasto varía entre 83-85%.

El análisis en términos sólo de ingresos de ambas compañías (tabla 21), se puede notar que las diferencias entre 2018 y 2021 de P/C respecto a KGHM no son en extremo significativas y varían entre 5,8 y 21,8%. Incluso esta diferencia puede ser aun menor, ya que el análisis se hizo a similares tonelajes procesados (tabla 14) en que existe una variación en tonelajes entre 2017 y 2021 entre 3,7 y 13,2% y excepcionalmente un 20,7% el 2018.

Según lo mostrado en figura 37 y 38, los resultados del EBIT de KGHM respecto a P/C son considerablemente superior, en que el EBIT de P/C es entre 2 a 4 veces mayor que KGHM. Situación muy similar a los resultados de EBITDA para ambas compañías. No obstante, dado que los ingresos son similares tanto para una producción de concentrados de cobre y/o cátodos electrolíticos como es el caso para la operación de P/C y una operación de producción de cobre electrolítico y alambrón de cobre para el caso de KGHM se puede inferir que existen otros factores que permiten mejorar los resultados de EBIT o EBITDA que van desde control de gastos y costos hasta decisiones estratégicas de los ejecutivos lo que podrían mejorar considerablemente los resultados para una planta productora de alambrón.

Dado que los resultados de una compañía integrada verticalmente (KGHM) podrían ser eventualmente similares a las de una compañía no integrada (P/C) controlando costos y gastos, aprovechando los menores costos C1 locales, pactando contratos a precios igual o superiores 4,0 US\$/lb para suministros de alambroón a fábricas de autos eléctricos, entre otras medidas, es que se da la posibilidad de implementar una planta metalúrgica productora de alambroón en una compañía minera de cobre.

Se determinó que el costo de operación de una planta de alambroón local se aproximaría a 134 US\$/Ton (119 EUR/ton) y los costos totales anuales son de 738 M USD. Si se consideran ventas por contratos de alambre de cobre a 3,00 US\$/lb se obtienen ingresos anuales de 1.587 M USD. En cambio, si se consideran ventas por contratos de alambre de cobre a 4,0 US\$/lb se obtienen ingresos anuales 2.087 M USD. Lo que equivale a recibir utilidades de 848,8 M USD y 1.349 M USD respectivamente según cada caso.

En cuanto al flujo de caja, considerando los costos e ingresos expuestos en la tabla N° 27, se realizó comparativa utilizando contratos con precios de alambroón de cobre a 3,0 y 4,0 US\$/lb (tabla 28 y 29). Se determinó que la planta metalúrgica de alambroón comienza a generar utilidades a partir del mes 13 y 12 respectivamente. Por otro lado, se determinó que la inversión inicial (CAPEX), más los costos operativos del primer mes considerando una tasa de retorno del 10% para contratos de 3,0 y 4,0 US\$/lb (tabla 30 y 31) se recuperan al mes 2,8 y 1,9 respectivamente. Notar que para el caso de contratos de 4 US\$/lb se generan mayores excedentes respecto al exigido por los inversionistas y un retorno en menor tiempo.

Finalmente, si se invierte en la instalación de una planta de alambroón en una compañía minera en Chile con una producción total de 600 kt anuales de las cuales 240 kt se destinen a la fabricación de alambroón se pueden obtener un EBIT de \$1.350 MUSD considerando contratos de alambroón a 4,0 US\$/lb (tabla N° 26). Por lo tanto, quedan 360 kt de cobre disponibles para venta de concentrado de cobre y considerando que P/C en H1-2021 procesaron 325 kt obteniendo un EBIT de \$1.763 M USD (tabla 16). La suma de los resultados anteriores daría un EBIT anual de \$ 3.113 M USD. Este último resultado es menor a los 3.508 MUSD totales para el periodo 2021 (tabla 16) sólo con venta de concentrados y cátodos de cobre, no obstante, la diferencia es pequeña e incluso dependiendo de los precios de los contratos futuros que incluso podrían llegar a 4,5 US\$/lb [44] por la alta demanda de fabricación de autos eléctricos. Es decir, la mezcla de producción entre concentrados de cobre/cátodos de cobre (360 kt) y alambroón de cobre (240 kt) podrían generar similares o mayores excedentes que solo la venta de concentrados y cátodos de cobre (600 kt).

CONCLUSION

En el desarrollo del presente trabajo, se analizó el contexto actual de la industria minera en Chile, junto con evidenciar los desafíos actuales, no solo operacionales, sino del macroentorno considerando tendencias de mercado y contexto país.

Junto con lo anterior se estableció una metodología de análisis comparativo desde una perspectiva económica en volúmenes comparables con el interés de evaluar los resultados financieros de compañías complementarias que operan en Latinoamérica y Europa para conocer en detalle los sectores de minería y complementario de productos semi terminados en cobre.

En este contexto en el capítulo N° 2 se evidenció la necesidad de establecer acciones estratégicas dada la realidad geológica de las explotaciones mineras en Chile, la baja competitividad de las fundiciones locales, la reducción de los minerales sulfurados, el incremento de las exigencias medioambientales, entre otras. Todo lo mencionado hace pensar en un cambio en el paradigma de la explotación minera e integrar verticalmente la producción de productos de cobre, al menos hasta el alambrón que fue el caso de estudio de esta tesis.

En el desarrollo del presente trabajo se revisó las estrategias de Pelambres & Centinela (P/C) y KGHM. Luego del análisis financiero, se pudo comprobar que P/C opera competitivamente a bajos costos y con un buen control de costos de ventas y gastos administrativos tal como lo declara en sus pilares fundamentales. No obstante, en cuanto a innovación desde el punto del producto elaborado estos son concentrados o cátodos de cobre, mismos productos elaborados desde hace décadas. En el caso de KGHM, esta compañía minera se ha ajustado su estrategia a las megatendencias que probablemente serán las más exigidas en las próximas décadas a nivel global. Una de las más relevantes es la electromovilidad, la que dependerá directamente del suministro de alambre de cobre para fabricar los autos eléctricos.

En este sentido es que KGHM lleva ventaja competitiva en la fabricación de alambrón de cobre, sin embargo, como se determinó en el su análisis financiero la oportunidad de mejorar sus costos de ventas, gastos administrativos y C1. Es decir, existe la posibilidad de llevar la experiencia de KGHM a la realidad minera local, considerando el control de costos y gastos locales y alineado a las megatendencias globales.

En base a los antecedentes anteriormente analizados se pudo determinar que es rentable para una compañía minera integrar a su proceso productivo la fabricación de alambre de cobre. Como estrategia se propone diversificar la producción entre concentrados/cátodos de cobre y alambre de cobre en 52 y 48% respectivamente. Es decir, la producción de alambre de cobre está acotada a un porcentaje del concentrado de cobre producido.

Como se mencionó en el capítulo 4, llevar toda la producción de concentrado de cobre a la manufactura de alambre de cobre sería un error, dado que en escenarios de alza del precio del cobre (4,0-5,0 US\$/lb) es la instancia en que las compañías mineras obtienen sus máximas ganancias. Sin embargo, para fabricar alambre de cobre se debe cumplir la condición que el precio del cobre varíe entre 3,0-4,0 US\$/lb, situación en que sería indiferente fabricar sólo concentrados o alambre de cobre.

También se pudo comprobar que existe una oportunidad de implementar en una compañía minera local de características similares a las de P/C. La exigencia para que esto se cumpla es que los costos C1 varíen entorno entre 1,2-1,4 US\$/lb, mantener costos de ventas y gastos administrativos controlados. Esto favorecería una producción competitiva de rollos de alambre de cobre, obteniendo mejores márgenes y mayores utilidades, similares a los resultados para una venta de concentrados de cobre. Los resultados financieros de esta compañía minera local que se integre verticalmente incluso pueden ser mayores si está apalancado con contratos de venta de rollos de alambre de cobre a 4,00 US\$/lb, con posibilidades de alcanzar valores de 4,5 US\$/lb dada la proyección del aumento de la demanda del alambre de cobre necesario para la fabricación de autos eléctricos.

Para la fabricación de alambre en una planta minera local es necesario implementar una planta metalúrgica con tecnología Contirod o Upcast, como las descritas en el capítulo 3 y que es la utilizada en plantas metalúrgicas de KGHM, que son las más eficientes y cada vez más competitivas con costos de producción relativamente bajos que facilitan la implementación de estos equipos en plantas mineras como lo propuesto en este estudio.

Respecto a la manufactura local, se determinó que es una industria pequeña que opera bajo una cuota restringida y que el mercado que logra abastecer es meramente local. Según esto es que la

producción que se propone elaborar, 240 kt anuales, es muy superior a la que actualmente logra generar la industria local. Por esta razón, es que en términos estratégicos, logísticos, portuarios y otros costos que ya se encuentran depreciados es que es conveniente que una compañía minera

invierta en un CAPEX de las proporciones indicadas en el capítulo 5 y opere a costos competitivos respecto a los mercados exteriores. En cuanto al CAPEX necesario para implementar la planta metalúrgica, se determina que la recuperación de la inversión y capital de trabajo para operar la planta se recupera en un muy corto plazo, también como se determinó es un negocio que genera un alto valor con una tasa por sobre a la exigida por inversionistas.

Finalmente, del análisis del estado de resultados de P/C (empresa no integrada) y KGHM (empresa integrada) en capítulo 4 se determina que si bien es cierto P/C tiene mejores resultados de EBIT/EBITDA que KGHM existen variables como costos ventas/C1 y gastos administrativos que si logran ser controlados podrían generar utilidades cercanas a las de P/C dado que los ingresos para ambas empresas a semejantes niveles de producción son cercanos. De esta forma se pudo comprobar que no existe pérdida de valor en los resultados al fabricar alambrón en lugar de concentrados.

Así mismo el desarrollo nacional de una industria de semis considera beneficios desde la mirada de desarrollo de largo plazo, impulsando un sector industrial complementario, donde adicionalmente permite incentivar el desarrollo país de I+D+I, posibilitando además el fortalecimiento del desarrollo sustentable de largo plazo, fomentando de esta manera el liderazgo y posición competitiva de Chile.

GLOSARIO

LME: Bolsa metales Londres

Productos semi-terminados: Bienes fabricados por la empresa y no destinados normalmente a su venta hasta tanto sean objeto de elaboración, incorporación o transformación posterior

Cátodo de Cobre: Planchas de cobre que pasaron por todas las etapas del proceso productivo, con lo cual su pureza alcanza el 99,99%.

Concentrado de Cobre: Producto elaborado mediante el procesamiento/enriquecimiento de mineral de cobre, que generalmente se caracteriza por un contenido de metal relativamente bajo y no es adecuado para el proceso metalúrgico directo.

Blíster de cobre: Es el cobre impuro proveniente de los hornos convertidores en el proceso pirometalúrgico del cobre.

Productos de Cobre: Concentrados, cátodos de cobre

Sub-producto de Cobre: Ánodos de cobre.

Alambrón de cobre: El alambrón de cobre se obtiene mediante fundición continua, moldeo y laminación en plantas de tratamiento de cobre refinado. La materia prima utilizada en este ciclo de producción es principalmente cobre en forma de cátodos, aunque también se puede usar chatarra de cobre de mayor clase.

Cakes de cobre: El cake es un semielaborado de cobre con forma de barra rectangular, usada para la fabricación de planchas y láminas.

Trefilación: Conformado mecánico para la reducción de una sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar a través de un orificio cónico por medio de una herramienta llamada hilera o mandril.

Laminación: Proceso industrial por medio del cual se reduce el espesor de una lámina de metal o de materiales semejantes con la aplicación de presión mediante el uso de distintos procesos, como la laminación de anillos o el laminado de perfiles

Fundición de metales: El proceso de fundición de metales consiste en la fabricación de piezas a partir de la fusión de un metal que se vierte en un molde. Allí el metal fundido solidifica y adquiere la forma del molde.

Forjado: La forja es un proceso de manufactura que implica dar forma al metal. Es un proceso de fabricación de objetos conformado por deformación plástica en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión

CAPEX: Capital expenditure o gasto en capital, es la inversión en capital o inmovilizado fijo que realiza una compañía ya sea para adquirir, mantener o mejorar su activo no corriente.

Payback: El payback o plazo de recuperación es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones.

ROI: Return over investment o retorno de la inversión (ROI) es un indicador que nos permite evaluar la rentabilidad de una inversión en base al capital destinado y al beneficio obtenido.

ROA: Return over asset o la rentabilidad de los activos es un ratio financiero que mide la capacidad de generar ganancias. Esto, tomando en cuenta dos factores: Los recursos propiedad de la empresa y el beneficio neto obtenido en el último ejercicio

TC/RC: Costos fundición y refinamiento

EBITDA: Earns Before Interest and Taxes

NOTPAT: Net operating profit after tax

OEM: Original Equipment Manufacture

HRR: Hot rolled rod

CCR: Continuous casting rolling (laminación por colada continua).

MHO: Metallurgie Hoboken overpelt

WR: Wire road (alambrón)

EV: Electrical Vehicle

VAN: El valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuanto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

TIR: La tasa interna de retorno (TIR) es la rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

KGHM: Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi, compañía minera y metalúrgica polaca

P/C: Mineras Pelambres y Centinela

CSPT: China Smelter Purchase Team

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Banco Central de Chile,» 2022. [En línea]. Available: <https://si3.bcentral.cl/estadisticas/principal1/excel/ccnn/trimestrales/excel.html>.
- [2] «Consejo de la unión Europea,» [En línea]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- [3] P. Cuypers, «Continuous Casting in the Copper Industry,» EUT-BDK Report Dept. of Industrial Engineering and Management Science Vol. 29, Technische Universiteit Eindhoven, 1987.
- [4] J. M. (. “ e. a. t. I. o. R. f. e. R. T. A. E. R. V. 6. n. 5. Hartwich. [En línea].
- [5] Codelco, 2012. [En línea]. Available: <https://www.codelco.com/mercado-del-cobre/memoria2012/2013-04-15/183350.html>.
- [6] J. C. L. y. A. Z. Sanzana, «Análisis financiero de las estrategias seguidas por las mayores empresas mineras de Cobre del mundo,» Cochilco Dirección de estudio y Políticas Públicas, Santiago, 2010.
- [7] «<https://www.datasur.com/chile-es-el-indiscutido-lider-que-paises-son-los-mayores-productores-de-cobre-del-mundo/>,» [En línea].
- [8] I. C. Association, «The electric vehicle market and copper demand,» IDTechEx, 2017.
- [9] Cochilco, «Posibles sustitutos del Cobre,» Dirección estudios y políticas públicas, Santiago, 2020.
- [10] C. D. Rojas, «The decline of the nitrate dependence (1914-1926),» Scielo, 2014.
- [11] E. A. B. Rice, «El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países,» Redalyc, Distrito federal, México, 2013.

- [12] K. Group, «<https://kghm.com>,» 2022. [En línea]. Available: <https://kghm.com/es/sobre-nosotros/estrategia-de-negocio>. [Último acceso: 2022].
- [13] P. Meller, «El rol del cobre para que Chile alcance el pleno desarrollo,» Santiago.
- [14] F. A. y. V. R. B. Jones, «Cambios en la demanda de minerales Análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la región andina,» Cepal, Santiago, 2021.
- [15] Metallurgist, «911metallurgist.com,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.911metallurgist.com/copper-concentrate-enrichment-process/>. [Último acceso: 2022].
- [16] W. Mackenzie, «Copper smelter cash cost databook,» 2016.
- [17] E. José Herrera, «Situación actual, perspectivas y alternativas para Fures de Chile,» 2015.
- [18] M. Porter, Estrategia competitiva; tecnica para el analisis de los sectores industriales y de la competencia., The free press, 1982.
- [19] L. S. J. Gana, «Las empresas manufactureras de cobre en Chile,» Cepal, Santiago, Chile, 2017.
- [20] Bnamericas, «www.bnamericas.com,» 17 Diciembre 2103. [En línea]. Available: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/productor-chileno-madeco-deja-de-fabricar-tubos-de-cobre>.
- [21] W. M. report, 2010.
- [22] K. J. A. K. Günter Joseph, Copper: Its Trade, Manufacture, Use, and Environmental Status, EEUU: ASM International, 1999.
- [23] J. F. R. N. N. John R. Hugens, «Vertical shaft melting furnace». USA Patente US7282172B2, 2007.

- [24] W. Mackenzie, «Red metal, green demand - Copper's critical role in achieving net zero,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.woodmac.com/horizons/red-metal-green-demand-coppers-critical-role-in-achieving-net-zero/>.
- [25] I. c. association y c. recycling, «Copper alliance,» 2021. [En línea]. Available: <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2022/02/ICA-RecyclingBrief-202201-A4-R2.pdf>.
- [26] A. ley, «Minería verde; oportunidades y desafíos,» Santiago, 2021.
- [27] C. T. M. o. C. f. V. Manufacturers, «Copper Alliance,» 2022. [En línea]. Available: <https://copperalliance.org/resource/copper-the-material-of-choice-for-vehicle-manufacturers/>.
- [28] C. C. Monitor, 2021. [En línea].
- [29] A. G. E. J. C. Araya, «Cochilco,» 6 2022. [En línea]. Available: <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Demanda%20de%20cobre%20a%20partir%20de%20la%20transicion%20energetica.pdf>.
- [30] KGHM, «www.kghm.com,» 2022. [En línea]. Available: <https://kghm.com/en/about-us/our-industry/copper-market>.
- [31] Codelco, «www.codelco.cl,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/filiales-y-coligadas/prontus_codelco/2011-02-28/145651.html.
- [32] Aurubis, «www.aurubis.com,» [En línea]. Available: <https://www.aurubis.com/en/public-relations/press-releases--news/news/2018/22.01.2018---aurubis-acquires-codelco's-shares-in-deutsche-giessdraht>.
- [33] K. Group. [En línea]. Available: <https://kghm.com/en/investors/results-center/financial-reports>.
- [34] J. y. S. Z. Gregoire, “Lecturas de Economía Financiera”, Editorial de Economía y Administración. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Chile..

- [35] Cochilco, «www.cochilco.cl,» [En línea]. Available: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx>.
- [36] B. C. Emily Guy Birken, «Forbes,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/advisor/investing/roa-return-on-assets/>.
- [37] A. Damodaran, Enero 2022. [En línea]. Available: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/roe.html.
- [38] E. G. B. & B. Curry, «Forbes.com,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/advisor/investing/roe-return-on-equity/>.
- [39] G. & T. Ltd., Mineral processing in developing countries: a discussion of economic, technical and structural factors, London: Springer, 1984.
- [40] I. Saudi, «COPPER ROD PLANT INVESTMENT OPPORTUNITY SCORECARD MINING & METALS,» 2020. [En línea]. Available: <https://investsaudi.sa/medias/mm-inv-opp-scorecard-copper-rod-plant.pdf>.
- [41] B. e. I. d. r. y. c. d. l. m. d. obra, «INE,» 2022. [En línea]. Available: https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/sueldos-y-salarios/boletines/espa%F1ol/base-anual-2016-100/2022/mayo-2022.pdf?sfvrsn=e39e7a9a_8.
- [42] «SMS GROUP GMBH Contirod Technology High Sustainability and top quality for copper,» <https://www.sms-group.com/ru/press-media/media/downloads>.
- [43] A. B. J.A. Moya, Production costs from energy-intensive industries in the EU and third countries, European Union, 2016.
- [44] Cochilco, «Demanda de cobre a partir de la transici3n energetica. Registro de Propiedad Intelectual N3 2022-A-7516,» Santiago, Chile, 2022.
- [45] Jose Pablo Arellano M., «El cobre como palanca de desarrollo para Chile,» Cieplan, Santiago, 2012.

- [46] Patricio Meller, *Cobre chileno: productividad, innovación y licencia social*, Santiago: Cieplan, 2019.
- [47] L. -. M. -. B. -. D. -. V. -. Antic, «Manufacturing Cost Estimation in the Conceptual Process Planning,» *Machine Design*, vol. 8, n° 3, pp. 83-90, 2016.
- [48] J. L. C. Michael Penfold, «Hacia una nueva agenda en inversión extranjera directa tendencias y realidades en américa latina,» *Serie Políticas Públicas y Transformación Productiva*, n° 10, 2013.
- [49] P. Meller, *La Viga Maestra y el Sueldo de Chile*, Santiago: Uqbar Editores, 2013.
- [50] J. V. P. Pere Escorsa Castells, *Tecnología e innovación en la empresa*, Barcelona, España: UPC, 2003.
- [51] «Banco Central de Chile,» [En línea]. Available: <https://si3.bcentral.cl/estadisticas/principal1/excel/ccnn/trimestrales/excel.html>.
- [52] C. Minero, «Consejo Minero,» Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2022/06/Cifras-Actualizadas-de-la-Mineria-2022-Mayo.pdf>.

ANEXO

Los resultados financieros fueron consultados en las siguientes paginas web de las compañías mineras a continuación:

KGHM Polska Miedz:

<https://kghm.com/en/investors/results-center/financial-reports>

Antofagasta PLC:

<https://www.antofagasta.co.uk/investors/reports-presentations/>