

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



“EVALUACIÓN TÉCNICA Y DE MERCADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE REFINACIÓN DE COBRE EN EL NORTE DEL PERÚ”

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

GIANFRANCO JOSEPH AUCALLANCHI SALINAS

LIMA – PERÚ

2013

RESUMEN

La producción de cobre de mina en el Perú se ha incrementado en los últimos años de manera tal que nos ha situado como el tercer productor de cobre a nivel mundial, fundamentada básicamente en la producción de concentrados de cobre, refinándose solo un 23% del cobre producido en el 2012.

Por este motivo es que en el Perú no se ha dado el desarrollo industrial que se esperaba a pesar de contar con grandes cantidades de cobre suficiente para justificar inversiones en industrias con valor agregado como la construcción, informática, etc.

En el presente informe se evalúa la posibilidad de construir una refinería de cobre en el norte del Perú, que propicie el desarrollo industrial en el país, basados en las reservas de cobre que posee y en la cartera de proyectos a desarrollarse en los próximos años.

Se estima que una refinería de cobre en el norte podría tener una capacidad de hasta 400,000 TM de cobre refinado anual en un escenario optimista, también se identifica otros beneficios que atraería su desarrollo como lo son: el desarrollo de infraestructura que propicie un clúster industrial en el norte del Perú, inversión en Investigación y Desarrollo y la atracción de inversiones en industrias con valor agregado.

Del informe también se dan algunas recomendaciones de aspectos que deberían tomarse en cuenta si se planifica la construcción de una refinería como son los aspectos sociales, ambientales, de competitividad y un papel más activo del Estado que facilite su ejecución.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	4
II.	DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS.....	6
	2.1 La minería y su producción.....	6
	2.1.1 Ubicación de la Exploración y la Producción.....	8
	2.1.2 Procesamiento y Fabricación.....	9
	2.2 Comercialización.....	11
	2.2.1 Tipos de Contrato.....	14
	2.2.2 Cotizaciones Internacionales.....	14
	2.2.3 Gastos de Tratamiento y Escaladores.....	16
	2.3 Cobre y su producción.....	17
	2.3.1 Producción Minera.....	18
	2.3.1.1 Proceso de Hidrometalúrgico.....	19
	2.3.1.2 Proceso de Pirometalúrgico.....	20
	2.3.1.2.1 Proceso de Fundición del Cobre.....	21
	2.3.1.2.2 Proceso de Refinación del Cobre.....	22
	2.3.2 Fabricación y Manufactura.....	23
	2.3.3 Flujo del Cobre.....	23
III.	DESARROLLO DEL TEMA.....	25
	3.1 Evaluación del mercado del cobre para la construcción de una refinería de cobre en el Perú.....	25
	3.2 Proyectos mineros en el norte del Perú y estimación del ritmo de producción.....	28
	3.2.1 Estimación de ritmo de producción.....	34
	3.3 Análisis FODA.....	35
	3.3.1 Fortalezas.....	35
	3.3.2 Oportunidades.....	36
	3.3.3 Debilidades.....	37

3.3.4 Amenazas.....	37
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
4.1 Conclusiones.....	39
4.2 Recomendaciones.....	40
V. BIBLIOGRAFIA.....	41

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país rico en recursos naturales, entre los cuales destaca sus recursos minerales, que nos permiten tener un sitio importante en la minería mundial siendo considerado como uno de los principales proveedores de materia prima en el sector minero.

De los diversos tipos de proyectos mineros en el Perú, tenemos los proyectos mineros cupríferos de los cuales la gran mayoría solo llegan a producir concentrados minerales con un promedio de 20 – 30% de concentración de cobre, sin mencionar que en muchas ocasiones se pueden encontrar otros minerales económicamente atractivos que acompañan al cobre como el oro, la plata y el molibdeno.

Esta categoría de ser solo un exportador de concentrados de cobre no nos sirve de mucho si queremos que el país se desarrolle aprovechando al máximo todo el potencial de las riquezas minerales con las que cuenta, razón por la cual considero que llevar la industria minera peruana al siguiente nivel de producción es uno de los caminos correctos para el desarrollo del país ya que de esta forma se genera todo un movimiento económico que engloba el transporte terrestre y marítimo, el desarrollo de nuevas industrias que den valor agregado a nuestras materias primas, la comercialización y distribución de nuevos productos, investigación y desarrollo, etc. Lo cual trae como consecuencia un mayor flujo de dinero, generación de más puestos de trabajo y un mayor desarrollo tecnológico.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las posibilidades de construir una refinería de cobre en el norte del país, desde un punto de vista técnico – económico, mediante la metodología de análisis FODA.

No es materia de estudio, en el presente trabajo, todos aquellos aspectos relacionados a: seguridad industrial, aspectos legales, evaluación de impactos ambientales ni aspectos sociales.

II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS

2.1 La minería y su producción

La minería es una actividad económica del sector primario relacionada con la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos, de los cuales se puede obtener un beneficio económico.

Según el reporte del Proyecto MMSD Abriendo Brecha¹, aproximadamente el 99% de la corteza terrestre está conformada por 8 elementos: oxígeno (47%), silicio (29%), aluminio (8%) y hierro (4%), seguidos por calcio, sodio, magnesio y potasio. El 1% restante está formado por 90 elementos de origen natural.

En ingeniería, las ciencias geológicas son utilizadas para calcular el tamaño y la ley de los cuerpos minerales y para determinar las reservas minerales de un yacimiento. Existen muchas clasificaciones para definir la real presencia de los minerales en los distintos yacimientos a nivel mundial.

La definición más usual es que un recurso mineral es una concentración o presencia in situ de un material de interés económico presente en la corteza terrestre con posibilidades razonables de extracción. El recurso se subdivide, en orden de certidumbre geológica creciente, en las categorías de inferida, indicada y calculada. Una vez realizadas las evaluaciones apropiadas para justificar la extracción en condiciones técnicas y económicas asumidas como reales, la parte explotable del recurso calculado o indicado es denominado reserva mineral. Las reservas minerales

¹ Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable (MMDS por sus siglas en inglés) fue un proyecto del Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo/International Institute for Environment and Development (IIED) en Londres, Reino Unido. El proyecto fue posible gracias al apoyo del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable/World Business Council for Sustainable Development.

también son subdivididas, en orden de certidumbre geológica, técnica y económica creciente, en reservas probables y probadas.

Las definiciones de minerales varían desde las estrictamente geológicas –“un sólido estructuralmente homogéneo de composición química definida formado por los procesos inorgánicos de la naturaleza”– hasta las orientadas por el uso como materia prima.

El reporte del proyecto MMSD menciona que, de acuerdo con el Relevamiento Geológico de Estados Unidos, por ejemplo, existen al menos 80 insumos minerales. La mayoría de estos corresponden a metales, sin embargo, también existen no-metales, algunos de los cuales son conocidos como metaloides, (tales como silicio, arsénico, selenio y telurio) debido a que poseen algunas propiedades metálicas. Algunos metales han sido utilizados por varios miles de años. El cobre, por ejemplo, se remonta al año 7.000 AC. Por otro lado, metales como el titanio, el tantalio, el niobio, el molibdeno y el circonio se utilizan con fines comerciales hace sólo 50 años.

Las principales clases de productos minerales son:

- Minerales metalíferos (entre los que se incluyen metales de base, metales ferrosos, metales preciosos y metales menores).
- Minerales de energía.
- Minerales industriales y de la construcción.
- Diamantes y piedras preciosas.

Los productos minerales también se pueden clasificar según la manera en que son comercializados. Existen tres amplios grupos:

- Algunos productos minerales tienen un valor suficientemente alto como para ser comercializados en el mercado internacional (como oro, diamantes, cobre y aluminio, entre otros).

- Algunos productos minerales tienen un valor suficientemente alto por unidad de peso que pueden ser comercializados en amplias regiones (p.ej. varias leyes de carbón, piedra caliza y acero) aunque no convenga hacerlo en el ámbito internacional.
- Algunos productos minerales tienen un valor muy bajo por unidad de peso (p. ej. arena, grava y piedras) y, por lo tanto, son comercializados principalmente a escala local.

2.1.1 Ubicación de la Exploración y la Producción

De acuerdo al reporte de la MMSD, el modelo de minería en términos de productos y ubicación de la actividad minera ha cambiado con el tiempo, por mencionar sólo algunas tendencias, en las dos últimas décadas se ha presenciado la disminución de la minería del carbón en Europa, un rápido aumento de la producción de cobre en América Latina y el surgimiento de China como un actor de extraordinaria importancia en el abastecimiento de muchos productos minerales, por ejemplo el carbón y el consumo de otros como el cobre.

La SNL Metals Economics Group en su reporte Worldwide Explorations Trends 2013 menciona que Latinoamérica y África son los destinos más populares de las inversiones en exploración minera no ferrosa a nivel mundial, atrayendo el 25% y 16 % de lo gastado en el 2012 respectivamente. De los países latinoamericanos, son seis los que destacan como destinos principales de las inversiones en exploración: México, Chile, Perú, Brasil, Argentina y Colombia.

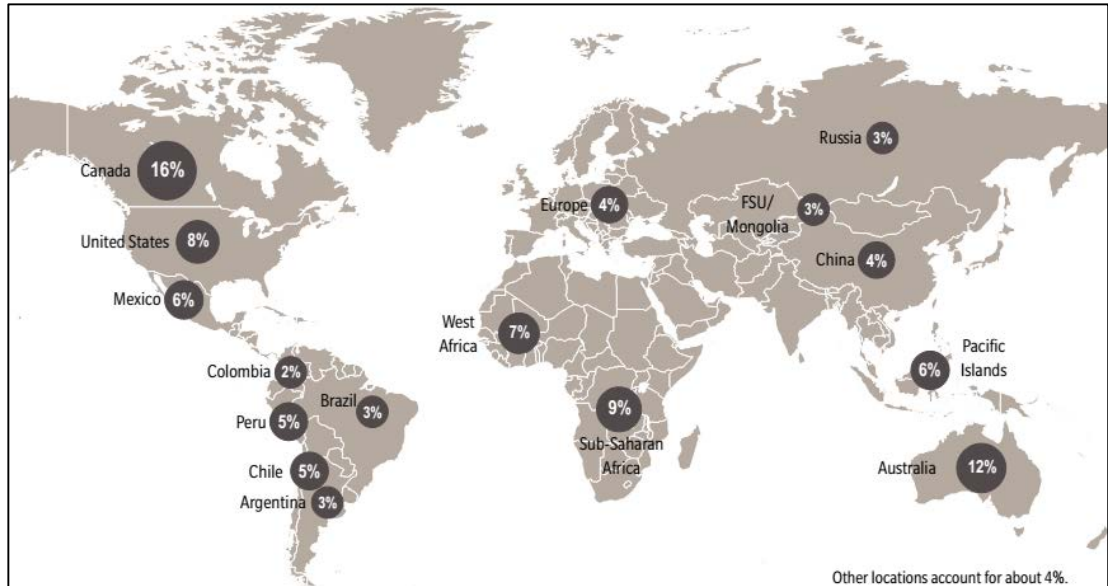


Figura 2.1.1 Principales destinos de las exploraciones mineras no ferrosas en el 2012

Fuente: SNL Metals Economics Group

2.1.2 Procesamiento y Fabricación

La mayoría de los minerales metálicos atraviesa varias etapas de procesamiento en su transformación en un metal vendible o un producto con base metálica. Las etapas desde que el metal está en la tierra hasta que llega a las plantas de procesamiento, también varían ampliamente. En una concentradora clásica, el mineral es triturado y reducido a partículas muy finas (con alto consumo de energía) y luego es pasado por diversos procesos para optimizar la separación de minerales valiosos de los desechos (o ganga). Estos procesos incluyen separación por gravedad y por flotación, separación magnética y electrostática, así como una gama de otros tratamientos previos, que utilizan una diversidad de procesos o reactivos químicos.

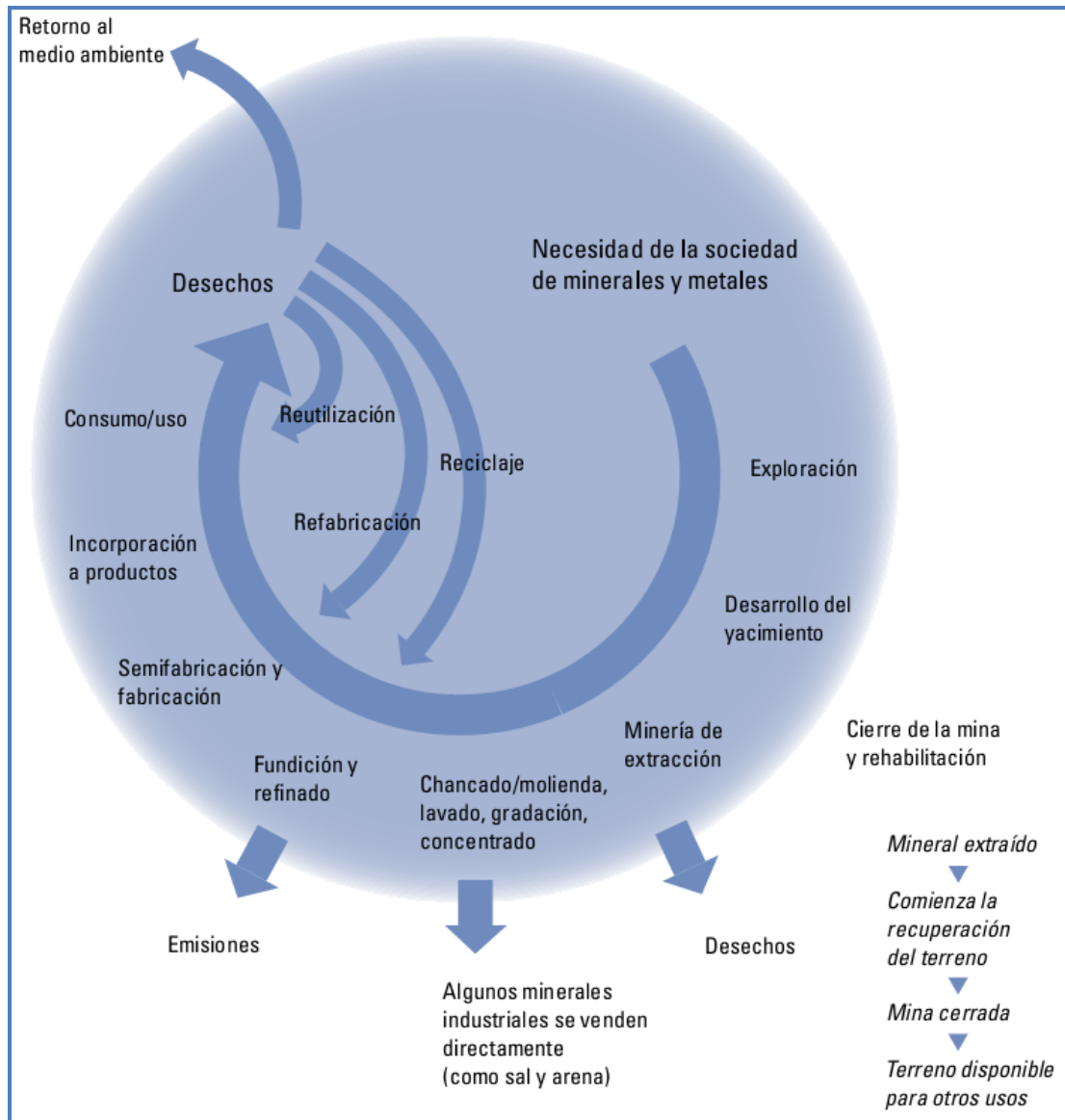


Figura 2.1.2 El Ciclo de los Minerales

Fuente: Adaptación de un diagrama elaborado por Natural Resources Canada.

Los metales de base se presentan por lo general tanto como minerales sulfurados u oxidados. Las principales vías de procesamiento son determinadas por minerales valiosos específicos, por la posible mezcla de minerales y por elementos de menor interés comercial, como plata, oro o metales del grupo del platino, que pueden estar presentes. Los componentes menores que representan un importante riesgo para el

medio ambiente, la salud y seguridad laboral, como el arsénico, bismuto, selenio, cadmio, etc., también pueden indicar la forma de procesamiento.

Las plantas de beneficio de metales se pueden clasificar en 2 grandes grupos: pirometalúrgicas, donde se trabaja con materiales de fusión a altas temperaturas; e hidrometalurgias, que trabajan comúnmente en soluciones acuosas. Las plantas pirometalúrgicas habitualmente contienen etapas separadas o combinadas para la fundición, producción de metales crudos, refinación, vaciado, re-refinación, aleación y vaciado final. Existen etapas adicionales para el tratamiento de subproductos y producción a escalas menores. En el caso del procesamiento hidrometalúrgico existe una fase básica de disolución del mineral, que puede ser en ácido o en álcali, a temperaturas y presiones muy altas o muy bajas, o puede ser asistida bacterianamente (lixiviación biológica), según el mineral o el producto económicamente deseado. Por lo general, la solución es luego depurada mediante la precipitación selectiva de productos, subproductos o impurezas. Según la naturaleza del metal y el producto deseado, se utiliza a menudo la electro-deposición del producto desde la solución (cobre electro-extraído, níquel o cobalto electrolítico y zinc comercial).

En la mayoría de los metales, el producto refinado se vende para un posterior procesamiento o fabricación, ya sea laminado, extrusión, maquinado o elaboración de productos semielaborados que serán utilizados en la manufactura de equipos originales. La cantidad de etapas y de trabajo posterior dependerá del mineral y la aplicación final. El proceso de agregado de valor a los minerales es llamado a menudo “beneficio de minerales”.

2.2 Comercialización

La valorización de los productos minerales es la parte esencial de cualquier estudio de viabilidad de un proyecto minero, al fin y al cabo, porque estamos hablando de los previstos para el desarrollo de su modelo de negocio. La venta de los productos mineros se da en un mercado determinado y especializado, de forma tal que de ahí se

obtienen los ingresos necesarios (flujos) para cubrir los gastos de producción, amortizar las inversiones necesarias y devolver un retorno del capital invertido por los accionistas de la empresa.

En el caso de los metales, los valores de los minerales dependen de los acuerdos comerciales y a la volatilidad de las cotizaciones de los metales como consecuencia de la oferta y demanda en las principales bolsas internacionales donde se tranzan estos commodities y que nos sirven de referencia (por ejemplo el LME, LBMA, COMEX, etc.) para valorizar nuestras materias primas (los minerales). Este balance entre la oferta y demanda debe contemplarse en el marco de un mercado global, pocas veces local, por lo que normalmente el comercio de minerales se realiza mediante operaciones de comercio internacional.

Las formas o métodos para determinar el valor de un mineral o concentrado de mineral, varían según su forma física y su composición de elementos metálicos complementarios al metal principal contenido. De acuerdo a determinados patrones se han establecido estándares a lo largo de muchos años de comercialización de estas materias primas. Por lo general, los minerales son vendidos y por tanto son valorizados sobre la base de un peso, el cual puede referirse a quilates en el caso de las piedras preciosas, onzas para los metales preciosos, libras o kilogramos para los metales valiosos o bien toneladas métricas para los metales menos valiosos, minerales en bruto y la mayoría de los minerales industriales. El precio del concentrado se establece sobre la base del metal contenido más que sobre el propio peso bruto en sí mismo. Para un determinado mineral, la transacción comercial puede darse en alguna o algunas de las diversas etapas de la producción del mismo.

De acuerdo a las exigencias y formalidades, las negociaciones entre los productores mineros y sus compradores (pueden ser refinерías o comercializadores) terminan plasmando sus acuerdos en un contrato. Normalmente el contrato es invariable durante el período de tiempo establecido, pero algunos puntos son dejados abiertos

para la definición de términos correspondientes a cada período contractual correspondiente y de acuerdo al mecanismo pactado en el contrato.

La comercialización incluye genéricamente diversos elementos y depende de:

- El aprovisionamiento del producto.
- La producción disponible.
- La venta o negociación directa.
- La logística, entrega oportuna y adecuada.

¿Quiénes intervienen en la comercialización de productos mineros?

El Comercio Internacional de productos mineros, lo realizan distintos tipos de empresas vendedoras y compradoras. Las primeras constituidas por productores independientes (mineros), productores integrados e intermediarios comerciales (“comercializadores”) y las empresas compradoras pueden ser consumidoras independientes (refinerías), productores integrados, intermediarios comerciales (“comercializadores”).

Las empresas privadas comercializadoras más importantes son corporaciones multinacionales, diversificadas, verticalmente y/o horizontalmente que en muchos casos incluyen actividades financieras. La comercialización de productos mineros para este tipo de modelo de negocios, comprende las siguientes etapas:

Compras – Almacenamiento – Venta – Transporte - Financiamiento de Pre y Post
Embarque

La infraestructura de comercialización, desempeña un rol muy importante para los intermediarios comerciales (“comercializadores”), requiriéndose de inversiones elevadas para su establecimiento. Una empresa de comercialización debe contar con una red de depósitos cercanos a los productores y oficinas, y agentes en los países consumidores.

Otro factor determinante, para la eficiencia de la comercialización, es la existencia de personal capacitado en todas las fases de la actividad. Los productores que no cuentan con esta infraestructura y personal, únicamente pueden vender el concentrado a dichos comercializadores.

2.2.1 Tipos de Contratos

Las ventas de productos mineros, se realizan bajo diversas modalidades de contratos, entre las principales:

- **Corto plazo:** estipula la venta de un tonelaje determinado en una sola entrega.
- **Largo plazo:** estipula la venta de un tonelaje determinado en varias entregas o embarques, con un periodo de duración que abarca de un año a más.

2.2.2 Cotizaciones Internacionales

Los precios de los metales más importantes se determinan en las entidades llamadas BOLSAS DE METALES. Fundamentalmente los precios de los metales, están determinados por las fuerzas de la oferta y la demanda, en un determinado mercado o bolsa. Estos mercados reúnen a vendedores y compradores y brindan a los valores-títulos o acciones gran liquidez.

Es importante señalar que las Bolsas de Metales no compran ni venden metales. Tampoco fijan los precios de éstos, pero si significa un lugar que garantiza las transacciones de compra-venta.

En una Bolsa de Metales, la cotización de los metales pueden variar por:

- Flujo de Inversiones.
- Niveles de rentabilidad presente y futuras.
- Situación Económica actual de las empresas ofertantes y demandantes.

A escala mundial, las más importantes BOLSAS DE METALES en la que se determinan los precios de los metales son:

London Metal Exchange (LME) de Inglaterra - 1935

En operaciones a futuros, es la principal bolsa de metales del mundo, concretamente en ella se negocian el aluminio, cobre, plomo, zinc, níquel, plata y estaño. Las negociaciones comerciales a plazo en el LME, con el transcurso del tiempo se convierten en una obligación al contado y su aplicación es frecuente por los fabricantes, almacenistas, comerciantes, consumidores y transformadores en general, con el fin de reducir el riesgo inherente a las fluctuaciones de los precios en cualquier de las etapas por las que atraviesa un metal, hasta su último comprador.

La aplicación de los diferentes tipos de cobertura, se realizan con el objeto de asegurar el precio del metal respecto a las variaciones que este puede sufrir en el tiempo, por ejemplo, si se ha comprado un metal para luego ser vendido al cabo de tres meses, a la cotización de ese día, lo que procede realizar es la venta a plazo sustitutiva de aquel en bolsa, para luego efectuar la operación de compra al contado.

La bolsa de metales de Londres, es el mayor mercado del mundo de metales no ferrosos. Sus cotizaciones oficiales se utilizan como referencia en los contratos comerciales de compra-venta de los concentrados de mineral.

New York Commodity Exchange (COMEX) de USA – 1877

El COMEX es la segunda bolsa de metales más importante del mundo, concretamente se especializa en el mercado (cotización) del oro, la plata, el cobre y el aluminio, además de otros metales no féreos. El COMEX está conformado por un sistema de cámara de compensación, en el que todo contrato debe ser inmediatamente registrado y compensado por un miembro de la cámara con la finalidad de hacer frente a los riesgos por los que atraviesa un producto, y a su vez exige el pago de un depósito modificable según las tendencias de las cotizaciones del producto, objeto de

las negociaciones. Este mecanismo permitirá el control del comportamiento del mercado, así como del buen funcionamiento de las operaciones comerciales.

2.2.3 Gastos de Tratamiento y Escaladores

Gasto de tratamiento o Maquila: Es el costo del proceso de fundición y/o refinación al que debe someterse el concentrado para obtener el metal y que se descuenta de los valores pagables del concentrado. Este costo se negocia entre el comprador y el vendedor y depende, fundamentalmente, de las condiciones en las que se encuentre el mercado.

Por ejemplo, cuando hay exceso de concentrados el costo de la maquila es mayor, cuando hay déficit, la maquila es menor. En la comercialización de concentrados, los gastos de los procesos metalúrgicos se establecen en las transacciones comerciales (contrato), ya que la situación del mercado influirá bien sea a favor del minero/comercializador o del fundidor. También es importante tener en cuenta que el gasto de tratamiento está basado a variaciones temporales como los salarios, transportes, fletes, combustibles, gastos de energía, índices generales de costos, servicios, etc., y se aplicará durante el período de fusión y refinado del metal de cada entrega de concentrados.

Escaladores: Mediante la aplicación de esta herramienta se busca vincular el costo de la maquila con las variaciones que pudiesen registrarse en la cotización internacional. Así, se establecen rangos de referencia ante incrementos de la cotización que se reflejarán en pagos o descuentos adicionales por concepto de maquila.

Es frecuente la aplicación de unas fórmulas de ajuste de escaladores que relaciona la cotización del metal y el gasto de tratamiento, que es aplicable cuando los precios de referencia sean mayores o menores (en caso hayan escaladores positivos o negativos) al precio actual de cotización.

Igualmente, en los concentrados existen elementos penalizables como el antimonio, bismuto, arsénico, mercurio, fierro, etc. que son perjudiciales para los procesos de Fundición o Refinación para el comprador (o refinería), por lo que, en las negociaciones son fijadas los niveles de leyes permisibles a la firma del contrato.

En la práctica, la Fundición o Refinería no paga al minero el metal contenido en el concentrado que este realmente entrega, sino un porcentaje estándar del metal recuperado que es el producto final del proceso metalúrgico. En esta etapa es cuando se aplican las unidades de deducción. Los factores de deducción que se aplican son estándares internacionales y no representan necesariamente la capacidad real que tiene la fundición para extraer el metal.

2.3 Cobre y su producción

El cobre es un elemento metálico maleable y dúctil, es un excelente conductor de calor y electricidad, además de ser resistente a la corrosión y antimicrobiano. El cobre se encuentra naturalmente en la corteza terrestre en una variedad de formas. Se puede encontrar en depósitos de sulfuro (como calcopirita, bornita, calcocina, covelina), en depósitos de carbonato (como azurita y malaquita), en los depósitos de silicatos (como crisocola) y como cobre puro "nativo".

Los yacimientos de mineral de cobre en general manejan leyes de cobre desde 0.30% - 1.5%, el que estos yacimientos sean económicamente rentables de explotar o no dependerá de factores como el tamaño de reservas, su metalurgia, costos de operación, costos por transporte (flete), etc.



Figura 2.3 Esquema de un yacimiento de cobre

Fuente: Comercialización de productos de cobre, Codelco - Chile

2.3.1 Producción Minera

De los minerales que se extraen en una operación minera los podemos clasificar en 2 grandes tipos: tenemos los óxidos de cobre y los sulfuros de cobre, los cuales tienen los siguientes procesos productivos:

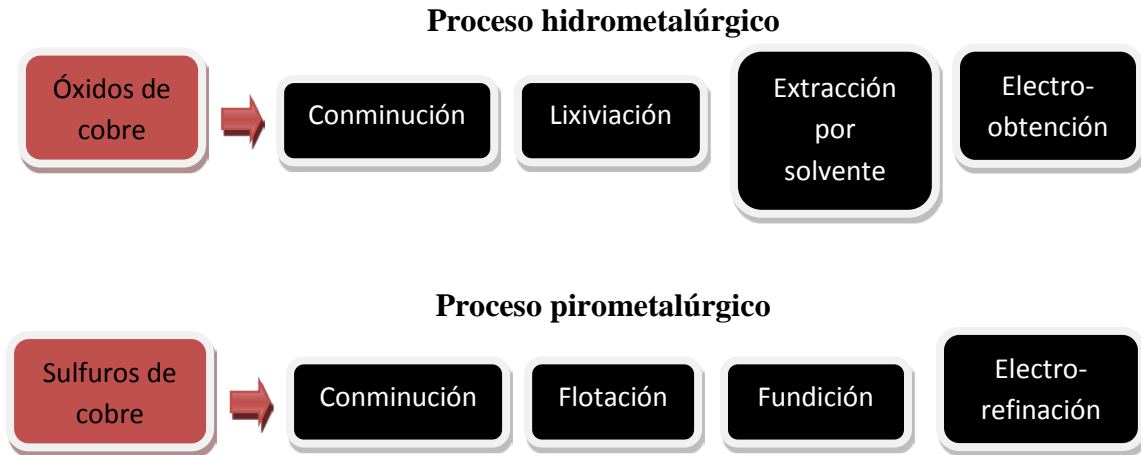


Figura 2.3.1 Diagrama de Flujo de los procesos pirometalúrgico e hidrometalúrgico

Los óxidos y sulfuros de cobre pasan por distintos procesos para llegar a cobre refinado, pero de estos 2 procesos el de nuestro interés es el proceso pirometalúrgico, dado que tiene como subproducto al concentrado de cobre, el cual termina siendo el insumo principal de una refinería de cobre.

En algunos casos, los sulfuros de cobre de baja ley pueden pasar por un proceso hidrometalúrgico como en la mina La Escondida (Chile) y como se estima será el proceso del Proyecto La Granja (Cajamarca – Perú).

2.3.1.1 Proceso Hidrometalúrgico

El proceso de producción de cátodos vía hidrometalúrgica más conocido por su nomenclatura anglosajona Sx-Ew, parte de mineral de cobre procedente de la mina o residuos mineros, sin concentrar y se tritura a tamaños inferiores a 10 mm siendo posteriormente transportado a los tanques donde será tratado posteriormente. La instalación suele estar anexa a la mina con objeto de ahorrar costes y optimizar servicios.

A continuación se lixivian (disuelven) los minerales de cobre, óxidos o sulfuros secundarios, mediante el riego con una disolución acuosa de ácido sulfúrico, obteniéndose una solución de sulfato de cobre con bajo contenido de cobre. Este proceso es lento y complejo pues además de la disolución del cobre, debe obtenerse una estabilidad en las concentraciones del licor.

La disolución de bajo contenido de cobre con otros metales e impurezas se trata con un reactivo extractante orgánico, en un circuito cerrado y a contracorriente, que extrae el cobre y permite obtener un electrolito con alto contenido de cobre y limpio de todos los elementos indeseables.

La disolución con un alto contenido de cobre, y limpia de impurezas, pasa a las celdas de electrólisis donde la energía eléctrica hace que los iones de cobre presentes en la solución se depositen en los cátodos, de ahí su nombre de electro-obtención o electro-deposición, a diferencia del electro-refino, que se realiza al pasar de ánodos de cobre a cátodos.

2.3.1.2 Proceso Pirometalúrgico

El mineral de sulfuro de cobre en la mina tiene un contenido promedio entre el 0,5-1% de cobre, por lo que hay que concentrarlo mediante flotación, obteniéndose un concentrado de cobre que contiene entre 20 y 30% de cobre, los otros dos componentes principales son el azufre y el hierro, además de otros metales entre los cuales se encuentran el oro, la plata, el molibdeno, etc. como positivos y el plomo, arsénico y mercurio como impurezas.

El concentrado de cobre se recibe en la Fundición, cuya primera etapa industrial es el Horno de Fusión, donde se recupera el cobre, eliminando el azufre y el hierro mediante oxidación en estado fundido a una temperatura entre 1200 y 1300 ° C. En el horno el azufre se convierte en gas SO_2 , mientras que el cobre y el hierro, conjuntamente con sílice procedente de la arena que se introduce en el horno,

permanecen en estado líquido. En esta fase líquida el cobre, por su mayor densidad, se deposita en la parte inferior y se extrae del horno formando parte de un producto que se denomina mata de cobre, con un contenido del 62% de cobre, mientras que la mezcla de hierro y sílice en forma de silicato permanece en la parte superior del horno y se extrae en forma de escoria con un contenido del 0,8% de cobre, 45% de hierro y 30% de sílice.

La mata de cobre pasa a la sección de convertidores, para incrementar la riqueza en cobre del producto, donde se le somete a una gran oxidación adicional en un proceso discontinuo “batch”, consiguiendo un producto intermedio denominado blíster con un contenido en cobre del 99%, gases ricos en SO_2 que se unen a los gases anteriores del horno y escorias con un contenido del 6% de cobre.

El blíster pasa al horno de afinado donde incrementa su contenido en cobre hasta el 99,6% y posteriormente a la rueda de moldeo de ánodos, donde se da a los ánodos la forma geométrica, semejante a una camiseta de mangas cortas extendidas “T-shirt”, necesaria para su utilización en la Refinería.

Los gases de SO_2 producidos en el horno y convertidores se recogen, se oxidan y se convierten en ácido sulfúrico en una planta de doble absorción, mientras que las escorias, después de tratarlas en un horno eléctrico para recuperar todo el cobre que contienen, se enfrían y granulan para su posterior utilización como material estéril.

Como regla general una Fundición que produzca 310.000 TM/año de ánodos consume 1.000.000 TM/año de concentrado de cobre y como subproductos produce 900.000 TM/año de ácido sulfúrico y 300.000 TM/año de escorias.

2.3.1.2.1 Proceso de Fundición del Cobre

Las fundiciones se pueden distinguir por 2 aspectos: insumos y abastecimiento.

Fundiciones según insumos: Se agrupan en primarias, las cuales procesan concentrados de cobre; y las secundarias, que procesan como principal materia prima la chatarra de cobre o scrap.

Fundiciones según su abastecimiento: Según lo comentado por la Comisión Chilena del Cobre, en su “Análisis de la industria de fundiciones y refinерías del cobre en Chile”, la industria del cobre hace una distinción entre las fundiciones integradas, que son aquellas que tratan concentrados propios y las fundiciones no integradas, las cuales deben negociar su abastecimiento con terceros. De la primera categoría corresponde por ejemplo el caso de Southern Copper Corporation en sus operaciones de Ilo-Perú y de la segunda denominada también custom smelter, corresponde al caso de las fundiciones chinas, japonesas, alemanas, coreanas, etc.

2.3.1.2.2 Proceso de Refinación del Cobre

Se utilizan tres procesos para llegar a cátodos electro-refinados y electro-obtenidos de 99.99% de cobre, el convencional y dos variantes: en el proceso convencional los cátodos electro-refinados, se disuelven ánodos de cobre, depositando el metal en láminas iniciales de cobre puro; mientras que en el caso de los cátodos electro-obtenidos el metal disuelto es extraído de un electrolito rico en cobre.

Los procesos no convencionales emplean una tecnología de cátodo permanente tipo ISA o KIDD.

En ellos, el cobre disuelto en el electrolito es depositado directamente en láminas de acero inoxidable reutilizables.

El proceso ISA produce dos cátodos que pesan 50 kilogramos cada uno, mientras en el proceso KIDD, cada lámina madre entrega dos depósitos unidos en el borde inferior, formando un cátodo de 100 kilogramos.

2.3.2 Fabricación y Manufactura

Luego que el cobre es refinado y comercializado como cátodos de cobre, este pasa por la fabricación de productos semielaborados como son: los alambres de cobre, billets de cobre y aleaciones, cakes de cobre y aleación, fundición de aleación y sulfato de cobre.

Estos productos semielaborados son el suministro para la manufactura del cobre en el cual se producen los productos finales, aquellos que son usados por los consumidores y las distintas industrias como la construcción (cables eléctricos, válvulas, grifos para el hogar, etc.), telefonía, fabricación de equipos industriales (intercambiadores de calor), equipos electrónicos (chips, circuitos impresos), etc.

2.3.3 Flujo del Cobre

La producción de cobre refinado derivado de la producción minera (ya sea de tratamiento metalúrgico de concentrados o de SX-EW) se conoce como "producción primaria del cobre", ya que se obtiene a partir de una fuente de materia prima primaria. Sin embargo, existe otra importante fuente de materia prima que es la chatarra. La chatarra de cobre proviene de cualquiera de los metales desechados en la fabricación de productos semielaborados o procesos de fabricación de productos acabados ("chatarra nueva") o productos al final de su vida obsoletas ("vieja chatarra").

La producción de cobre refinado que se suministra de chatarra reciclada se clasifica como "producción secundaria de cobre". Los productores secundarios utilizan procesos similares a los empleados para la producción primaria alcanzando alrededor del 18% de la producción total de cobre refinado.

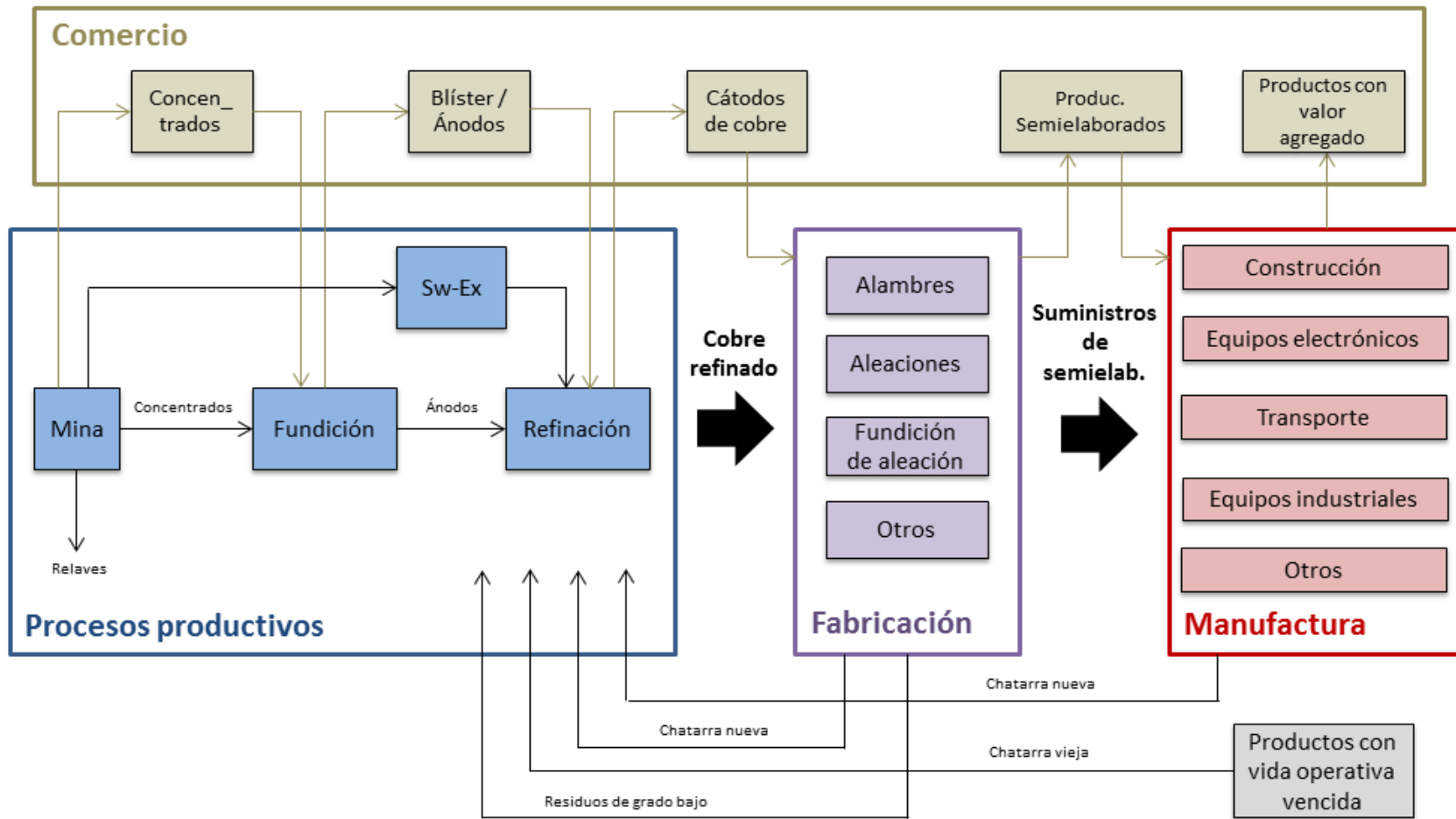


Figura 2.3.3 Flujo del Cobre

Fuente: International Copper Study Group (ICSG)

III. DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Evaluación del mercado del cobre para la construcción de una refinería de cobre en el Perú

Mercado Internacional

Chile es el mayor productor de cobre de mina del mundo, con una participación de 31.8% en el 2012, seguido por China, Perú, E.E.U.U. y Australia, con una participación de 9.4%, 7.6%, 7% y 5.6% respectivamente durante el mismo año. La mayor parte de los minerales de óxido de cobre son refinados en donde son extraídos, pero existe un importante comercio internacional de concentrados de cobre a partir de los minerales sulfurados. Países importantes que se dedican al refinado, en donde no existe extracción o es muy escasa son: Japón, India, Alemania y Corea del Sur.

Los cuatro principales productores de cobre refinado son China, Chile, Japón y Estados Unidos. Chile es el principal productor de mineral de cobre, mientras que China y Japón son importantes importadores de concentrados de cobre. (China importa alrededor del 75% de sus concentrados; Japón no tiene producción interna.) En otros sitios, las principales instalaciones de fundición y refinado se dividen entre países que son grandes productores de materias primas de cobre (por ejemplo, Perú, Zambia e Indonesia), importantes usuarios (como Alemania) y productores y usuarios (como Estados Unidos, Rusia y Australia).

Mercado Nacional

El Perú es el tercer productor de cobre de mina del mundo en el 2012 con una producción de 1,298.6 miles de TM de cobre, con la proyección de duplicar su actual producción en los próximos 5 años, que lo colocaría como el segundo productor de cobre a nivel mundial. De su producción total del 2012, el Perú solo fundió 290.1 miles de TM (22.34%) y refinó 311.1 miles de TM de cobre (23.96%).

Tabla 3.1 - Producción de Cobre durante el año 2012

(Miles de TM de cobre fino)

Minado			Fundición			Refinación		
País	Cobre de mina	% Participación	País	Cobre fundido	% Participación	País	Cobre refinado	% Participación
Chile	5,433.9	31.8	China	2,826.0	19.9	China	5,823.5	28.5
China	1,602.3	9.4	Japón	1,608.8	11.3	Chile	2,902.0	14.2
Perú	1,298.6	7.6	Chile	1,342.4	9.5	Japón	1,516.4	7.4
EEUU	1,195.4	7.0	Rusia	849.6	6.0	EEUU	1,001.4	4.9
Australia	914.0	5.4	India	748.8	5.3	Rusia	910.8	4.5
Zambia	781.6	4.6	Zambia	612.4	4.3	Zambia	739.6	3.6
Rusia	724.8	4.2	Alemania	591.0	4.2	India	689.3	3.4
Otros	5,118.7	30.0	Otros	5,599.7	39.5	Otros	6,869.8	33.5
Total	17,069.3	100	Total	14,178.7	100	Total	20,452.8	100

Fuente: Ministerio de Minería de Chile

El cobre fundido actualmente se produce en la planta de fundición de Southern Copper Corp., la cual tiene una capacidad de 360,000 TM de cobre fundido a partir de concentrados de cobre, utilizando la tecnología Isasmelt Process.

En cuanto al cobre refinado, en el Perú existen 4 plantas que actualmente están operando y que producen cobre refinado a partir de óxidos de cobre como son Cerro Verde-Freeport McMoRan (110,000 TM cobre refinado de capacidad), Chapi-Milpo (8,000 TM de cobre refinado de capacidad), Tintaya-Xtrata (35,000 Tm de cobre refinado de capacidad) y Toquepala-Southern Copper Corp. (35,000 TM de cobre refinado de capacidad). Actualmente solo la Refinería de Ilo- Southern Copper Corp., procesa cobre fundido y tiene una capacidad de 360,000 TM de cobre refinado.

De estos datos podemos sacar la siguiente conclusión: que del total de cobre de mina que el Perú produce anualmente, el 76.04% se exporta como concentrado de cobre, lo cual deja un amplio mercado para la refinación de cobre que se podría aprovechar con la construcción de una planta de fundición-refinación de concentrados de cobre.

Premios y descuentos aproximados en la comercialización de los productos del cobre

Como se había comentado en el Capítulo II, la comercialización de los productos del cobre, como los concentrados de cobre, tienen descuentos por cargos a la fundición y a la refinación los cuales no necesariamente reflejan la verdadera capacidad de tratamiento de las plantas de fundición y refinación sino que estos descuentos son estándares regulados por las bolsas de valores a nivel mundial.

Pero así como hay descuentos a los productos del cobre, antes de la fundición, también existen los premios, que no es otra cosa que cargos a favor de los productores de cobre refinado y productos semielaborados.

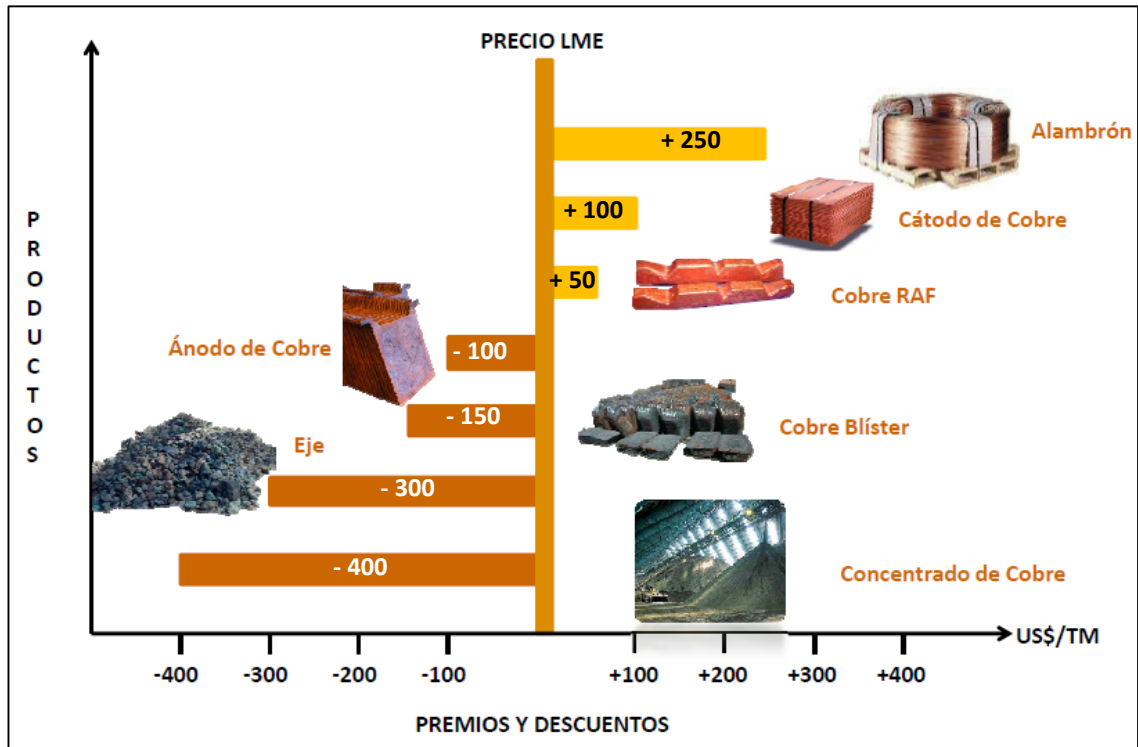


Figura 3.1 – Premios y descuentos aproximados en la comercialización de los diferentes productos del cobre

Fuente: Codelco

En la figura 5.3 podemos observar como el precio de referencia es el “PRECIO LME” (cotización del cobre en la London Metal Exchange), del cual se calculan los precios de comercialización de los distintos productos del cobre aplicando los distintos descuentos o premios.

3.2 Proyectos mineros en el Perú y estimación del ritmo de producción

En el norte del Perú tenemos en total 10 proyectos mineros cupríferos que potencialmente podrían abastecer una refinería de cobre. En el siguiente mapa presentamos los proyectos mineros en la macro región norte del Perú:

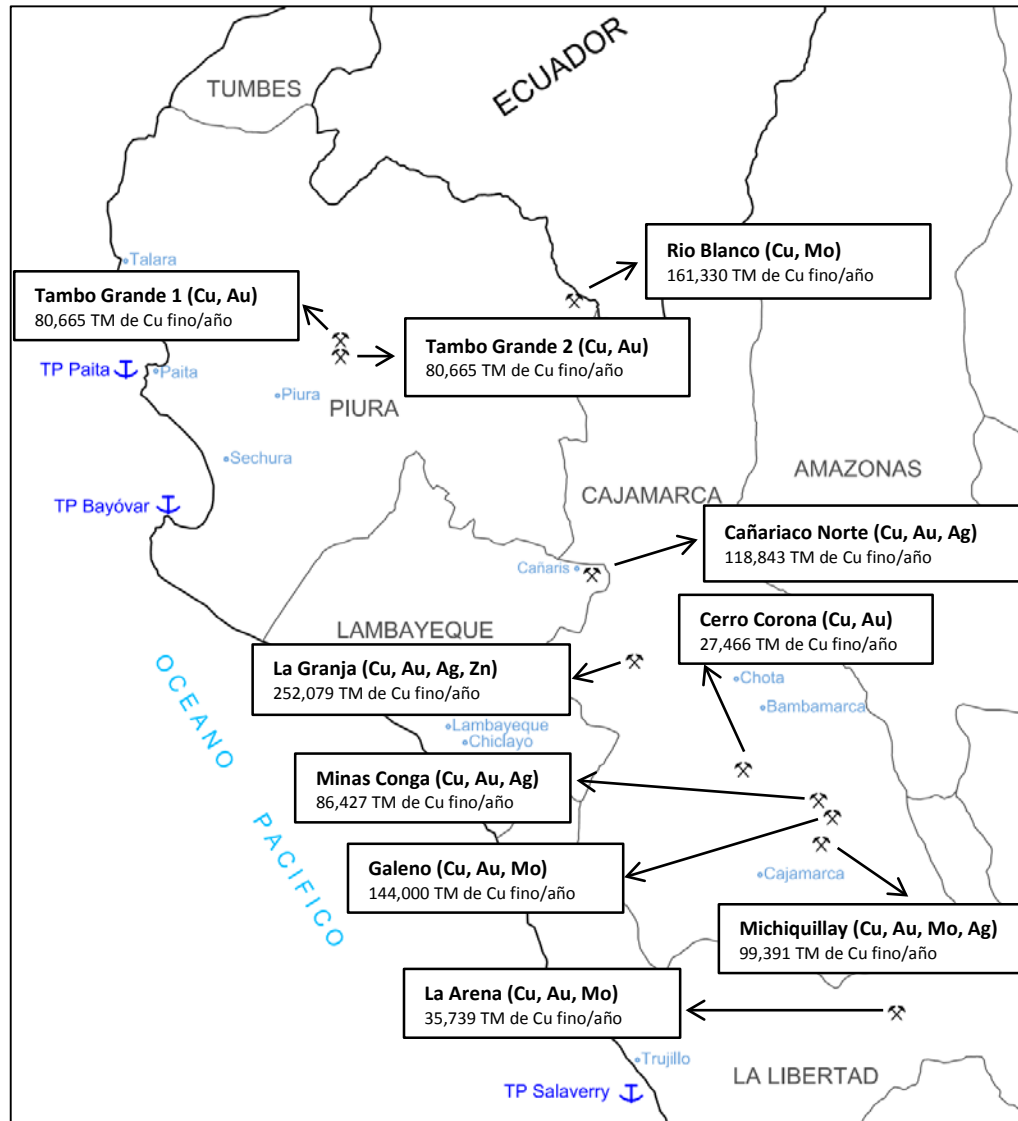


Figura 6.1: Mapa de proyectos mineros en el norte del Perú

Fuente: Elaboración propia

De los 10 proyectos mineros de cobre en el norte del Perú, solo La Granja tendría un procesamiento de sus minerales tipo Sw-Ex, los demás proyectos producirían concentrados de cobre. A continuación presentamos una breve descripción de los proyectos:

Rio Blanco (Cu, Mo): El proyecto está ubicado en la provincia de Huancabamba, departamento de Piura, la propiedad abarca 6,473 ha y se encuentra en etapa de exploración. Los minerales con contenido de cobre como calcopirita, covelinita y raramente cobre nativo, son encontrados en venillas y microvenillas, con cuarzo y molibdenita, así como menas diseminadas relacionadas a minerales como biotita y clorita. Las cantidades de cobre y venillas se incrementan hacia el núcleo del pórfido, haciendo rentable el depósito. Los valores de cobre son inferiores en superficie y 30 metros encima. Sin embargo, bajo la capa lixiviable, el cobre acumulado en un manto tiene altos valores. Inversión aproximada de US\$ 1,500 millones, además (Fuente: Infomine y el Ministerio de Energía y Minas).

Tambo Grande 1 (Cu, Au): El proyecto Tambo Grande 1 (como lo identificaremos en este informe) está conformado por las concesiones mineras que permanecen en poder del Estado a través de la empresa Activos Mineros S.A.C., las cuales estuvieron en manos del privado pero que por conflictos con las comunidades de la zona, el proyecto se revertió al Estado. Actualmente es difícil estimar si en un futuro cercano el proyecto se desarrollará pero es un potencial abastecedor de concentrados de cobre. Por los motivos antes expuestos este proyecto no se tomará en cuenta para los cálculos de concentrados de este estudio.

Tambo Grande 2 (Cu, Au): El proyecto Tambo grande 2 (como lo identificaremos en este informe) está conformado por las concesiones mineras en poder de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., y al igual que el proyecto Tambo Grande 1, su desarrollo se ve complicado por los conflictos sociales y la mala percepción de las comunidades de la actividad minera. Como Tambo grande 1 este proyecto tampoco se tomará en cuenta para este estudio pero no deja de ser un potencial abastecedor de concentrado de cobre.

Cañariaco Norte (Cu, Au, Ag): Proyecto de cobre, ubicado en la Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque, cuenta con estudio de factibilidad

completado, su producción anual será de 118,843 TM de cobre fino (como concentrados de cobre), 39,000 oz de oro fino y 850,000 oz de plata y una vida de la mina de 22 años.

La Granja (Cu, Zn): La Granja es uno de los depósitos de cobre, aún sin desarrollar, más grandes del mundo. El inventario actual de mineral inferido de las perforaciones es de 2.8 billones de toneladas con una ley de 0.51% de cobre y 0.11% de zinc, basados en una ley de corte de 0.3%. Las actuales investigaciones de Rio Tinto (propietaria del proyecto) apuntan a demostrar la factibilidad de recuperación de cobre utilizando la técnica de lixiviación férrica, seguida de extracciones mediante procesos que emplean solventes y recuperación electrolítica. Sin embargo, no han sido descartadas otras opciones de procesamiento y están siendo analizadas. Para este estudio asumiremos que el proyecto finalmente se decide por el proceso Sw-Ex, por lo tanto tampoco será considerado para los cálculos de concentrados de cobre.

Cerro Corona (Au, Cu): El proyecto está ubicado a 190 km al oeste de Hualgayoc en Cajamarca. Contiene reservas de cobre y oro, se espera que produzca aproximadamente 2,3 millones de onzas de oro y 412,000 toneladas de cobre sobre sus 15 años de vida. Sus concentrados de contienen 25% de cobre y 30 gramos de oro. La empresa propietaria es Gold Fields y el proyecto actualmente ya esta operando.

Minas Conga (Au, Cu): El proyecto esta ubicado en las Provincias de Celendín y Cajamarca, Departamento de Cajamarca, y se estima una producción anual de 40,585 TM de cobre fino y 325,000 oz de oro, con un posible incremento de sus reservas, por 19 años de operación. La empresa propietaria es Yanacocha, y estiman que de no tener inconvenientes en obtener sus permisos y aprobación de estudios, empezarán a operar a finales del 2014 o inicios del 2015.

Galeno (Cu, Au, Mo): El Galeno es un proyecto minero polimetálico, principalmente cuprífero, de la empresa Lumina Copper, de la que son propietarias la

empresa estatal China Minmetals (60%) y la empresa privada china Jianxi Copper Corporation (40%). Este proyecto también está ubicado en la ecorregión Jalca de los distritos de Sorochuco y La Encañada, a 31 Km al nor-este de la ciudad de Cajamarca, a una altitud que va de los 3800 a los 4200 msnm. Se estima producirá anualmente 144,000 toneladas métricas de cobre, 82,000 onzas de oro y 2,300 toneladas de molibdeno. La inversión ascendería a 2,500 millones de dólares.

Michiquillay (Cu, Mo, Au, Ag): El proyecto Michiquillay, ubicado en el Departamento de Cajamarca y propiedad de la empresa Anglo American, está en estado de elaboración de su estudio de factibilidad y su EIA. Se estima que su producción anual será de 187,000 TM/año de cobre fino como concentrado y su inicio de operación esta previsto para el 2019. El proyecto tiene reservas de 544 millones de toneladas métricas (TM) con 0.69 por ciento de cobre, de 0.1 a 0.5 gramos por TM de oro y de dos a cuatro gramos por TM de plata.

La Arena (Au, Cu): El proyecto La Arena está ubicado en el departamento de La Libertad, cerca de proyectos auríferos como Alto Chicama (Barrick) y el proyecto Shahuindo (Sulliden Exploration Inc.). El proyecto contiene óxidos con mineralización aurífera y una fracción de sulfuros que contiene una mineralización cuprífera tanto primaria como secundaria. Se espera que el proyecto comience el año 2016 su producción de concentrados de cobre al 28% y oro, con un volumen de 27,216 TM/año de cobre fino y 31,000 oz de oro, con una vida de mina de 21 años.

En la tabla 3.2 se estima las producciones anuales y su período de operación en base a la data disponible, asumiendo que los concentrados tendrán una concentración de 23% de cobre y su recuperación para la concentración será de 90%.

Tabla 3.2 - Proyección de producción estimada de concentrados de cobre en la macro región norte del Perú

Proyecto	Empresa	Ubicación	Reservas (millones TM)	Ley de Cobre (%)	Vida operativa (años)	Cobre (TMF/año)	Concentrado de cobre (TM/año)
Rio Blanco	Zijin Mining Group	Piura	1,257	0.57	40	161,330	701,434
Cañariaco	Candente Copper Corp.	Lambayeque	900	0.35	22	118,843	516,708
Cerro Corona	Gold Fields	Cajamarca	110	0.50	18	27,466	119,417
Minas Conga	Minera Yanacocha	Cajamarca	350	0.60	22	86,427	375,769
Galeno	Minmetals /Jiangxi Copper	Cajamarca	865	0.60	32	144,000	626,086
Michiquillay	Anglo American Michiquillay	Cajamarca	544	0.69	34	99,391	432,134
La Arena	Rio Alto Mining	La Libertad	268	0.33	22	35,739	155,386
TOTAL						673,196	2,926,934

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, en la macro región norte actualmente solo está en operación el proyecto Cerro Corona con una producción anual estimada de 119,417 toneladas métricas de concentrado de cobre, pero se espera que en los próximos años este volumen de producción se eleve hasta los 2,926,934 de toneladas métricas anuales por un periodo de 20 años aproximadamente.

Del cuadro anterior podemos decir que la disponibilidad de concentrados para una refinería de cobre en la macro región norte del Perú es viable.

3.2.1 Estimación de ritmo de producción

Para estimar un ritmo de producción vamos a evaluar el porcentaje de captación del potencial de producción de concentrados de cobre, para ello consideraremos posibles escenarios.

- **Escenario pesimista:** Para este escenario vamos a descartar a los proyectos Rio Blanco, Cañariaco y Minas Conga, asumiendo un clima social muy tenso en el que estos 3 proyectos tengan un significativo retraso o en el peor de los casos nunca se lleguen a concretar; y que la captación del potencial de producción concentrados sea del 10%.
- **Escenario optimista:** Para este escenario vamos a asumir que todos los proyectos llegan a desarrollarse de manera normal y que la captación del potencial de producción de concentrados sea del 30%.
- **Escenario conservador:** Para este escenario conservador vamos a descartar los proyectos Minas Conga y Cañariaco, ya que el proyecto Rio Blanco por ser un proyecto de gran importancia por sus reservas, puede que tenga mas posibilidades de desarrollarse al poder asumir mayores compromisos sociales; se asumirá una captación del potencial de producción de concentrados del 20%.

Tabla 3.2.1 - Cuadro resumen de escenarios de captación del potencial de producción de concentrados de cobre

	Escenario pesimista	Escenario conservador	Escenario optimista
Producción anual de concentrados de cobre (TM)	1,333,023	2,034,457	2,926,934
Producción anual de cobre (TMF)	306,596	467,926	673,196
% de captación de la producción	10%	40%	60%
Cobre refinado (TM)	30,659	187,170	403,917

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior podemos decir que para determinar la capacidad de producción de una planta de fundición – refinación en el norte del Perú, será de vital importancia captar la venta de los concentrados de cobre y la viabilidad de los proyectos mineros.

3.3 Análisis FODA

El análisis FODA es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas (**D**ebilidades y **F**ortalezas) y su situación externa (**A**menazas y **O**portunidades).

3.3.1 Fortalezas

- El Perú cuenta con mayor disponibilidad de recursos como el agua y la energía que otros países como Chile no disponen, esto hace que los costos de operación se han más bajo que en otros países.
- Existe interés, de parte de empresas mineras en el norte del Perú, por desarrollar proyectos ferroviarios para disminuir costos por transporte desde las minas hasta los puertos marítimos, lo que puede ser muy beneficioso para la refinería contar con este medio de transporte ya sea para abastecimiento de los concentrados de cobre o para el embarque a puertos de sus productos.

- Los concentrados de cobre de los proyectos mencionados en el Capítulo III, tienen otros elementos metálicos que incrementarían el atractivo de tratarlos y refinarlos como lo son el oro y la plata.
- El negocio de la refinación de cobre en el norte del Perú es casi inexistente por lo que no habría una competencia directa en el mercado nacional.

3.3.2 Oportunidades

- Según estimaciones de Wood Mackenzie, China incrementará su demanda de cobre hacia futuro, lo que crea un horizonte positivo para los productos de cobre.
- La mayoría de empresas mineras cuando realizan sus proyecciones del precio del cobre, este tiene un promedio de 1.5 US\$/lb, lo cual difiere de la opinión de consultoras las cuales estiman una recuperación del precio del cobre hacia el 2016.
- Uno de los productos que se estima tendría una mayor demanda en la industria minera es el ácido sulfúrico, el cual es un subproducto de la fundición de los concentrados de cobre.
- Según la opinión del consultor y analista Alfonso Gonzales (2010), hacia 2016 se espera un incremento de los cargos por fundición (TCs) a la compra de concentrados de cobre, lo cual favorece a las fundiciones.
- En este estudio no se consideró a los proyectos Tambo Grande 1 y Tambo Grande 2 por su compleja situación social pero podría ser un proyecto importante, se estima que podrían producir 161,330 toneladas métricas finas de cobre anual. De igual manera el mega proyecto La Granja se encuentra en etapa de elaboración del estudio de factibilidad por lo que no podría descartarse del todo la posibilidad que se escoja un proceso pirometalúrgico para el tratamiento de sus minerales lo cual estaría aportando cerca de 252,079 toneladas métricas finas de cobre anual.
- Propiciar el desarrollo de distintos tipos de industrias en lo que respecta a la producción de productos semielaborados y productos con valor agregado.

3.3.3 Debilidades

- Para el desarrollo de una industria del cobre con productos con valor agregado se requiere una fuerza laboral técnica preparada que hoy en día el Perú no tiene.
- La Investigación y Desarrollo resultan muy importantes para poder dar viabilidad a los proyectos, tal y como sucedió en Chile en los 90's.
- No se cuenta con infraestructura suficiente como para el correcto desarrollo de una planta de fundición – refinación en el norte del Perú, ya sea puertos adecuados para la exportación o de medios de transportes terrestres para el abastecimiento de concentrados o el traslado de productos a la costa para su embarque.
- Las plantas de fundición – refinación de metales es mal vista por la población por el tipo de aspectos ambientales que presenta, ya sean efluentes gaseosos o emisión de partículas, uso de agua, etc.

3.3.4 Amenazas

- La mayoría de proyectos mineros de cobre en el mundo realizan pre-contratos de comercialización de cobre para su viabilidad, por lo que los nuevos proyectos mineros que entren en operación en los próximos años podrían no necesariamente abastecer un planta de fundición – refinación en el Perú, por lo que se tendrá que tomar las medidas necesarias para evitar un abastecimiento escaso de concentrados de cobre.
- Uno de los destinos principales del cobre peruano son países como China, Japón, Alemania e Italia por lo que las refinерías de esos destinos serían los principales competidores de una planta de fundición - refinación en el Perú.
- La posibilidad de una caída de los precios internacionales del cobre siempre son una preocupación que podría golpear fuertemente la rentabilidad del proyecto, por lo que se deberá buscar costos operativos bajos, en otras palabras se tendrá que ser competitivos.

- En casi todos los proyectos mineros considerados para esta evaluación pueden sufrir de problemas del tipo medioambiental, social y político que podrían impedir su normal desarrollo.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- 4.1.1. El Perú cuenta con una cartera de proyectos mineros cupríferos en toda la región norte que podrían ser aprovechados para abastecer una refinería de cobre con una capacidad de producción de hasta 400,000 toneladas métricas de cobre refinado anual en un escenario optimista, en el cual se asume que todos los proyectos mineros llegarán a operación en los próximos años. Por otro lado en un escenario más conservador esta capacidad de producción sería solo de 180,000 toneladas métricas de cobre refinado.
- 4.1.2. Según estimaciones de distintas entidades gubernamentales y privadas, se proyecta una recuperación del precio del cobre hacia el 2016, por lo que se espera un buen horizonte en el negocio de la refinación del cobre.
- 4.1.3. La refinación de cobre en el Perú puede traer consigo muchos beneficios, entre los cuales están:
- ✓ Desarrollo de infraestructura (puertos, comunicaciones, ferrocarriles, etc.) que estaría enlazada con la industria minera, propiciando el desarrollo de un clúster industrial tal y como sucede en Chile.
 - ✓ La necesidad de inversión en Investigación y Desarrollo, como está sucediendo en algunos proyectos mineros, los cuales se ven en la necesidad de trabajar en conjunto con las universidades.
 - ✓ Captación de la inversión en el desarrollo de industrias para la producción de productos semielaborados (alambrón de cobre, aleaciones, etc.) e industrias de productos con valor agregado (construcción, informática, etc.).

4.2 Recomendaciones:

- 4.2.1. Si bien es cierto que el negocio minero esta manejado por el sector privado, el Estado es el encargado de dar todas las facilidades para propiciar el desarrollo de la industrialización en el Perú mejorando aspectos como lo social y ambiental que pone en peligro la puesta en marcha de algunos proyectos mineros los cuales son de gran importancia para la viabilidad del proyecto de refinería de cobre. Otro aspecto es la competitividad la cual está ligada a disminuir los costos de operación y por último la normatividad que regula la actividad minera en el país.
- 4.2.2. Un aspecto a tomar en cuenta es la ubicación de la refinería de cobre, ya que se sabe de los grandes inconvenientes sociales que se tienen por su impacto ambiental, por otro lado también se tienen que evaluar los costos de flete de las minas hacia la refinería y de la refinería hacia los puertos.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez V., Guzmán J., Muñoz C., Saldías R. (2001) Análisis de la Industria de Fundiciones y Refinerías de Cobre en Chile, Comisión Chilena del Cobre, página 7.
2. Arlandis R. J. (1999) Metalurgia del Cobre, Boletín de la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, página 11.
3. Danielson L., Sandbrook R. (2002) Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable (MMDS), página 44.
4. International Copper Study Group (2012) The World Copper Factbook 2012, página 7.
5. Leibbrandt A. (2012) Comercialización de productos de cobre, Codelco, página 9.
6. Vela A. D (2011) Guía para la comercialización de minerales y metales, página 3.