



SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA

Manual de costos del sector minero



COMITÉ DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA

Manual de costos del sector minero

MANUAL DE COSTOS DEL SECTOR MINERO

Documento elaborado por:

© Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
Jirón Francisco Graña 671, Magdalena del Mar, Lima - Perú
Teléfono: 215-9250

Primera edición: noviembre 2025

Versión digital publicada en la página web: www.snmpe.org.pe

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-12084
Lima - Perú

ISBN: 978-612-4175-34-3



Los derechos de autor del "Manual de costos del sector minero" pertenecen a la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía - SNMPE. Esta publicación no puede ser reproducida, copiada, vendida o reestructurada sin el previo consentimiento expreso por parte de la SNMPE. Todos los derechos reservados.

ÍNDICE

Introducción	9
Capítulo 1: El negocio minero: Una visión general	25
1. Visión económica del negocio minero	25
2. Características de la industria minera	28
3. Proceso minero	28
3.1. Minería a cielo abierto	28
3.2. Minería subterránea	29
3.3. Concentración o procesamiento metalúrgico (<i>beneficio e hidrometalurgia</i>)	30
3.4. Fundición	30
3.5. Refinación	32
4. Recursos-Reservas, Valor de mineral, Ley de corte y su relación con los costos de producción	32
5. Indicador global de costos de la industria minera	35
6. Aspectos relevantes de la comercialización de metales y minerales	36
Capítulo 2: Marco conceptual de la contabilidad de costos	43
1. La contabilidad de costos: Introducción y objetivos	43
2. Asignación de costos	43
2.1. Costos directos	43
2.2. Costos indirectos	44
3. Patrones de comportamiento del costo	44
3.1. Costos variables	44
3.2. Costos fijos	44
4. Centros de responsabilidad (centros de costos)	44
5. Costos totales y unitarios	44
6. Estados financieros, costos inventariables y costo del período	45
7. Sistemas de costeo	45
7.1. Por órdenes	45
7.2. Por procesos	45

8. Costeo estándar	46
9. Costeo de productos conjuntos y subproductos	46
10. Alcances de la NIC2 Inventarios	47
11. Visión de los costos en minería	48
Capítulo 3: El proceso minero y sus costos relacionados	55
Métodos de explotación	55
1. Proceso de minado a cielo abierto	55
1.1. Exploración y desarrollo de la mina	55
1.2. Perforación y voladura	56
1.2.1. Descripción de la actividad	56
1.2.2. Recursos y elementos de costos significativos	56
1.2.3. Indicadores de costos de la actividad	56
1.3. Carguío	57
1.3.1. Descripción de la actividad	57
1.3.2. Recursos y elementos de costos significativos	57
1.3.3. Indicadores de costos de la actividad	57
1.4. Acarreo	57
1.4.1. Descripción de la actividad	57
1.4.2. Recursos y elementos de costos significativos:	57
1.4.3. Indicadores de costos de la actividad:	57
1.5. Servicios auxiliares	58
1.5.1. Descripción de la actividad	58
1.5.2. Recursos y elementos de costos significativos:	58
1.5.3. Indicadores de costos de la actividad:	59
2. Minado subterráneo	59
2.1. Descripción de la actividad	59
2.2. Métodos de explotación subterránea	59
2.3. Procesos de explotación subterránea	61
2.3.1. Exploración	61
2.3.1.1. Descripción de la actividad	61
2.3.1.2. Recursos y elementos de costos significativos	61
2.3.1.3. Indicadores de costos de la actividad	62
2.3.2. Desarrollo	62
2.3.2.1. Descripción de la actividad	62
2.3.2.2. Recursos y elementos de costos significativos	62
2.3.2.3. Indicadores de costos de la actividad	62
2.3.3. Preparación	63
2.3.3.1. Descripción de la actividad	63
2.3.3.2. Recursos y elementos de costos significativos	63
2.3.3.3. Indicadores de costos de la actividad.	63

2.3.4. Explotación y extracción	63
2.3.4.1. Descripción de la actividad	63
2.3.4.2. Recursos y elementos de costos significativos	64
2.3.4.3. Indicadores de costos de la actividad	64
2.3.5. Transporte y manipuleo de minerales	64
2.3.5.1. Descripción de la actividad	64
2.3.5.2. Recursos y elementos de costos significativos	64
2.3.5.3 Indicadores de costos de la actividad	65
2.3.6. Servicios auxiliares	65
2.3.6.1. Descripción de la actividad	65
2.3.6.2. Recursos y elementos de costos significativos	65
2.3.6.3. Indicadores de costos de la actividad	65
3. Concentración	66
3.1. Recepción de minerales	66
3.1.1. Descripción de la actividad	66
3.1.2. Recursos y elementos de costos significativos	66
3.1.3. Indicadores de costos de la actividad	66
3.2. Chancado	66
3.2.1. Descripción de la actividad	66
3.2.2. Recursos y elementos de costos significativos	67
3.2.3. Indicadores de costos de la actividad	68
3.3. Molienda	68
3.3.1. Descripción de la actividad	68
3.3.2. Recursos y elementos de costos significativos	68
3.3.3. Indicadores de costos de la actividad	69
3.4. Flotación	69
3.4.1. Descripción de la actividad	69
3.4.2. Recursos y elementos de costos significativos	69
3.4.3. Indicadores de costos de la actividad	69
3.5. Espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados:	69
3.5.1. Descripción de la actividad	69
3.5.2. Recursos y elementos de costos significativos	69
3.5.3. Indicadores de costos de la actividad	70
3.6. Desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua	70
3.6.1. Descripción de la actividad	70
3.6.2. Recursos y elementos de costos significativos	70
3.6.3. Indicadores de costos de la actividad	70
3.7. Disposición de relaves	72
3.7.1. Descripción de las actividades	72
3.7.2. Recursos y elementos de costos significativos	72
3.7.3. Indicadores de costos de la actividad	72

4.	Lixiviación, electrodeposición y extracción por solventes (LESDE)	72
4.1.	<i>Proceso de lixiviación (L).</i>	72
4.2.	<i>Extracción por solventes (ES)</i>	73
4.3.	<i>Depositación electrolítica (DE)</i>	73
4.4.	<i>Recursos y elementos de costos significativos</i>	73
4.5.	<i>Indicadores de costos de la actividad</i>	73
5.	Fundición	73
5.1.	<i>Descripción del proceso de fundición</i>	74
5.1.1.	Recepción, muestreo y preparación de concentrados.	74
5.1.2.	Fusión de los concentrados	74
5.1.3.	Conversión de mata	74
5.1.4.	Pirorrefinación y moldeo de ánodos	74
5.2.	<i>Recursos y elementos de costos significativos</i>	75
5.3.	<i>Indicadores de costos de la actividad</i>	75
6.	Refinación	75
6.1.	<i>Descripción de la actividad</i>	75
6.1.1.	Recepción y manipuleo de ánodos	75
6.1.2.	Proceso de electrorrefinación	75
6.1.3.	Obtención del cátodo producido (cosecha)	76
6.2.	<i>Recursos y elementos de costos significativos</i>	76
6.3.	<i>Indicadores de costos de la actividad</i>	76
7.	Actividades de soporte	77
7.1	<i>Costos indirectos operativos</i>	77
7.2	<i>Costos indirectos administrativos</i>	77
7.2.1	Servicios ambientales	77
7.2.2	Desarrollo comunitario	77
7.2.3	Servicios al personal	77
7.2.4	Seguridad y salud de los trabajadores	78
7.2.5	Almacenes de materiales y suministros	78
7.2.6	Laboratorios	78
7.3	<i>Gastos administrativos</i>	78
7.4	<i>Seguridad y salud</i>	78

Capítulo 4:	Modelo de gestión de costos	83
1.	Modelo basado en las actividades de los procesos de producción	83
1.1.	<i>Diseño y estructura de costos</i>	83
1.2.	<i>Otros colectores o agrupadores de costos</i>	84
1.3.	<i>Elemento de costo (expense element)</i>	85
1.4.	<i>Estructura general de las actividades y niveles de información</i>	85
2.	Modelo de gestión de costos basado en órdenes de producción	91
2.1.	<i>Distribución de los costos indirectos de soporte a los procesos productivos</i>	93
2.5.	<i>Costos y rentabilidad por método de minado</i>	97

Capítulo 5: Aplicación práctica de los costos de producción	103
1. Costos por procesos basados en las actividades	103
1.1. Determinación del costo de producción	103
1.2 Costos indirectos y su distribución	103
1.3. Costos por procesos	104
1.4. Costos por elementos de gasto	104
1.5. Costeo de los productos mineros	104
2. Costo basado en órdenes de producción:	108
2.1 Costo por elemento de costos	108
2.3 Distribución de los costos por drivers:	109
Capítulo 6 : Herramientas para el control de la gestión de costos	119
1. Presupuesto y variación real	119
1.1 Base conceptual	119
1.2 Desarrollo del método de análisis	122
1.3. Aplicación práctica	123
2. Indicadores de performance (KPI)	123
2.1. Base conceptual del análisis	126
2.2 Desarrollo del método de análisis	126
2.3 Desarrollo práctico	128
3. Análisis de Precio, Volumen y Eficiencia (PVE)	129
3.1. Base conceptual del análisis	129
3.2. Desarrollo de la metodología	130
3.3. Aplicación práctica	131
4. Value Tree Driver Model	133
4.1. Base conceptual del análisis	133
4.3. Aplicación práctica	134
5. Cash Cost (Costo de Operación en Efectivo)	136
5.1. Base conceptual del análisis.	136
5.2 Desarrollo del método de análisis	137
6. Cash cost y EBITDA	139
6.1. Base conceptual del análisis	139
6.2. Desarrollo del método de análisis	140
6.3 Aplicación práctica	141
Capítulo 7: Costos y análisis de rentabilidad	147
1. Valor del mineral (Net Smelter Return) y costo asociado	147
1.1. Valor del mineral o NSR (Net Smelter Return)	147
1.2 Ley de corte y sus costos relacionados	149
1.3. Costos de producción del mineral (por método de minado)	151
1.4. Análisis del margen de rentabilidad	153

2. Ingresos provenientes de concentrados de mineral y costo de producción	154
2.1. <i>Ingresos por contenidos metálicos pagables:</i>	154
2.2. <i>Costos de producción de los concentrados (minas polimetálicas)</i>	156
2.3. <i>Análisis del margen de rentabilidad</i>	156
3. Ingresos por metal fino y costo equivalente	158
3.1. <i>Valor del metal</i>	159
3.2. <i>Costo equivalente a metal fino</i>	159
3.3. <i>Análisis de rentabilidad</i>	161
4. Análisis Costo-Volumen-Utilidad	163
4.1 <i>Supuestos del modelo</i>	163
4.2 <i>Costos fijos y variables</i>	164
4.3. <i>Punto de Equilibrio</i>	165
5. Anexo 1	169

AGRADECIMIENTOS



2016

Oswaldo Rondón
Luis Chirinos
Lina Vingerhoets
Indira Trujillo
Guido Huarcaya
Victor Pedraglio
Pedro Torres
Jorge Márquez
Edilfonso Cáceres

2025

Shougang Hierro Perú S.A.A.
Percy Flores Felices
Hebert Chuquipul Montaño
Alessandra Valer Medina

**Southern Peru Copper Corporation,
Sucursal del Perú**
Lina Vingerhoets
Pedro Alegria Paredes
Esperanza Chávez Cervantes
Paola Núñez Jiménez

Glencore Perú S.A.C.
Oswaldo Rondón

Volcan Compañía Minera S.A.A.
Willy Montalvo Callirgos
Ana Cecilia Romero Machado
Frank Christian Olivares López
Carmen Eliana Angeles Ochoa

Apoyo en revisión
Pablo Saravia PWC
Juan Carlos Mejía KPMG
Ronald Villalobos KPMG
Elizabeth Fontela EY

COMITÉ DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA, PETRÓLEO Y ENERGÍA

Percy Flores Felices
Lina Vingerhoets Vilca
Christian Valentín López
Marina Piscoya Manríquez
Geraldine Maza Vigo

Shougang Hierro Perú S.A.A.
Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú
Shell Operaciones del Perú S.A.C.
Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía



Producimos cobre, hacemos Patria

Culminamos el 2024 en el Top 5 del ranking de empresas con mayor inversión a través del mecanismo de Obras por Impuestos



Nuestra inversión histórica bajo este mecanismo asciende a S/ 1,205 millones.



Hemos concluido 26 obras: 14 en Tacna, 8 en Moquegua, 3 Arequipa y 1 en Apurímac.



Al cierre de 2024, más de 2 millones de peruanos se han beneficiado de las obras que hemos financiado.



RESPONSIBLY
PRODUCED
COPPER

#MineríaQueCreceContigo

Southern Perú
 Grupo México MINERÍA

PRESENTACIÓN

Oswaldo Rondón



En la industria minera, el control, optimización y eficiencia de los costos de explotación juegan un rol fundamental para coadyuvar con la viabilidad, rentabilidad y continuidad de las operaciones. En ese marco, el Manual incorpora, resume y consolida temas relevantes de la gestión de costos en esta etapa. Su principal propósito es contribuir con un documento de referencia y consulta para la comunidad de profesionales contables y ejecutivos, que se desempeñan o tienen interés en el sector minero.

El Manual presenta un recorrido integral del proceso de la gestión de costos y cubre diversas visiones para su control y evaluación. Se ha incluido tópicos que gestionan los operadores a diario en el empleo de los recursos para ejecutar las actividades de los procesos mineros. Asimismo, se presentan modelos o sistemas de costos mediante los cuales se acumulan ordenada y sistemáticamente los costos para su integración contable mediante la valorización de los productos mineros.

Con un enfoque gerencial y estratégico, se presentan algunas herramientas y prácticas seguidas en la industria para el análisis de la performance de los costos operativos. Se finaliza integrando los costos con la determinación de ingresos y evaluación de rentabilidad a nivel de mineral, concentrados y metales refinados o equivalentes.

La elaboración de este Manual ha significado la dedicación y esfuerzo de un equipo de trabajo. Constituye una primera entrega sobre la cual, seguramente, se trabajarán a futuro nuevas versiones que amplíen, refuercen o traten con mayor profundidad los temas que ahora se abordan.

Confío en que este Manual cubrirá las expectativas del público lector y logrará la contribución esperada.

Expreso mi agradecimiento a la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía por permitirme participar en este importante proyecto.

PRESENTACIÓN

Lina Vingerhoets



En una industria de *commodities* como la minería, la competitividad y la rentabilidad gira en torno a un control eficiente de costos y recursos. Por ello, es muy importante contar con un registro sistemático de los costos a lo largo del proceso productivo y tener, además, indicadores de desempeño.

En este sentido, la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) mediante su Comité de Contabilidad y Auditoría ha asumido el reto y, contando con la participación de un equipo multidisciplinario, ofrece a los asociados esta primera edición del *Manual de costos del sector minero*. Esperamos enriquecerlo a través del tiempo, gracias a la retroalimentación y al aporte de la experiencia de las distintas empresas del gremio.

Para nosotros, como equipo, formar parte de este primer esfuerzo ha sido un reto y una gran satisfacción que agradecemos. Estamos seguros que el presente Manual cumplirá con el objetivo propuesto.

PRESENTACIÓN

Willy Montalvo



El sector minero continúa innovando y enfrentando desafíos en diversos frentes. En ese sentido, me complace presentar la primera edición del *Manual de costos del sector minero*. Este Manual emitido por el Comité de Contabilidad y Auditoría de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), reafirma su compromiso con la excelencia técnica y la profesionalización del sector minero peruano.

Este proyecto, desarrollado por un equipo multidisciplinario de profesionales contables y mineros, contribuye al fortalecimiento del conocimiento técnico nacional e internacional y sirve de guía práctica para las futuras generaciones de especialistas del sector.

La industria minera no contaba con un referente técnico integral en materia de costos. Si bien existen normas contables internacionales y diversos enfoques técnicos, ninguna obra había logrado sistematizar de manera práctica los criterios, métodos y experiencias que caracterizan la gestión de costos en minería, desde la etapa de exploración hasta el cierre de mina.

Este Manual nace para cubrir ese vacío, ofreciendo un marco conceptual y operativo que incorpora las mejores prácticas nacionales e internacionales, integrando los principios contables, los criterios de gestión de costos, la aplicación de las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) y la realidad operativa del sector minero.

Compendia años de experiencia y refleja el esfuerzo conjunto de profesionales comprometidos con el desarrollo técnico del país. Su estructura clara y sus ejemplos aplicados permiten comprender con facilidad conceptos complejos, adaptados a la naturaleza particular de las operaciones mineras.

Este Manual es perfectible. La dinámica del sector, los avances tecnológicos, las nuevas disposiciones normativas y la evolución de los mercados exigen una revisión constante. Sin embargo, creemos que este documento constituye un aporte sólido y trascendente en la gestión contable y financiera de la minería peruana.

Como coautor, me honra haber sido parte de este esfuerzo colectivo y expreso mi agradecimiento a la SNMPE por permitirme participar en este proyecto.

También expreso mi reconocimiento a Volcan Compañía Minera S.A.A., organización que ha sido un espacio invaluable de aprendizaje y desarrollo profesional. Su compromiso con la excelencia operativa, la transparencia en la gestión y la formación continua de sus equipos ha sido una fuente de inspiración y una referencia permanente.

Invitamos a todos los lectores a explorar y utilizar este Manual, elaborado por un equipo de profesionales altamente calificados, con la única finalidad de contribuir con la minería en el Perú.

PRÓLOGO

Percy Flores

Hoy, la minería peruana desempeña un papel vital en el mundo y posiciona al Perú como un atractivo para que nuevas inversiones aseguren el suministro de minerales destinadas a cubrir la alta demanda global en las próximas décadas.

Asimismo, el actual contexto global exige una convivencia coordinada entre la minería y el medioambiente, a fin de conjugar el aprovechamiento minero con la protección ambiental de la mano del fuerte avance tecnológico. En ese sentido, la sostenibilidad representa un tema crucial, debido a que la minería tiene por su naturaleza extractiva un impacto en lo ambiental, lo social y lo económico.

Como presidente del Comité de Contabilidad y Auditoría de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), me complace gratamente presentar el *Manual de costos del sector minero*, una herramienta diseñada para brindar una guía clara, precisa y actualizada sobre la gestión y el control de los costos en la industria minera.

Es preciso manifestar que la minería por su naturaleza resulta compleja y altamente demandante en recursos, requiere de un enfoque técnico especializado y estratégico en la administración y el control de sus costos. La eficiencia operativa, la



rentabilidad y la sostenibilidad de las operaciones dependen, en gran medida, de una correcta identificación, análisis y control de los diferentes componentes del costo, desde la exploración hasta la última etapa de comercialización y posteriormente el cierre de mina.

Este manual busca aportar una base metodológica uniforme propia del sector para una mejor toma de decisiones, ofreciendo procedimientos estandarizados, buenas prácticas y criterios técnicos aplicables a las distintas etapas de la actividad minera.

Este Manual está dirigido a:

- Ejecutivos y gerentes contables y financieros de la industria minera, los que reportan a sus casas matrices, gerencias generales, directorios y accionistas.
- A los inversionistas y otros usuarios de los estados financieros de la industria minera, a los que servirá como ayuda en la toma de decisiones de inversión.
- A las organizaciones de normatividad contable y a los miembros de las entidades gubernamentales reguladoras, los que tienen por finalidad fiscalizar y evaluar la presentación de la información financiera de las empresas mineras.
- A profesionales no contables que intervienen en las operaciones mineras.
- A las universidades y estudiantes de contabilidad y ciencias administrativas les permitirá el incremento de sus conocimientos de la contabilidad minera.

Confiamos en que este material contribuya al fortalecimiento de las capacidades internas de nuestras organizaciones, el fomento de la transparencia y el apoyo al desarrollo de una minería más eficiente, responsable y competitiva.

Agradezco a todo el equipo profesional que participó y continuó con la elaboración de este Manual, debido a que esta iniciativa proviene de gestiones anteriores y que hoy se materializa en estas páginas. Su compromiso y dedicación ha sido fundamental para contar con este Manual de costos del sector minero. Este esfuerzo conjunto de nuestro comité, integrado por distinguidos profesionales de las principales empresas mineras del país, y de socios y gerentes de las más importantes firmas de auditoría, hizo posible la conformación de los equipos de trabajo que actualizaron y revisaron su contenido.

Consideramos que el presente Manual de costos constituirá una herramienta de gestión importante para las empresas del sector minero.

Percy Flores Felices
Presidente



Capítulo 1

El negocio minero: Una visión general

Experiencia en minería

“

Miramos hacia el 2035, basándonos en memorias anuales de las empresas mineras y la demanda futura esperada, porque las decisiones que hoy toman compañías, gobiernos y comunidades no dan resultados inmediatos, pero construyen el futuro del sector”.

Pablo Saravia Magne

Socio de Auditoría y Líder de Minería



Nuestra red de profesionales locales e internacionales fortalece las capacidades y potencia la eficiencia de nuestros servicios, ofreciendo el valor que las empresas mineras esperan.



Conoce más:



Capítulo 1

El negocio minero: Una visión general

1. Visión económica del negocio minero

Desde una visión económica, el negocio minero consiste en transformar en riqueza el mineral existente en la naturaleza que contiene diversos tipos de metales. Para ello es necesario determinar previamente si los ingresos que se estima pueda generar la explotación de un bloque de mineral (roca), son suficientes para solventar los costos de su transformación en un producto minero comercializable y las inversiones de capital que serán requeridas.

El mineral tiene un valor económico "in situ" determinado inicialmente por la cantidad de recursos geológicos, los contenidos de metales (leyes de cabeza del mineral) y los precios internacionales de los metales. Luego de ello, se requiere descontar a este valor las pérdidas de minería y el procesamiento, tales como recuperación minera, dilución de rocas estériles, recuperaciones de planta, costos de refinación y el costo de transporte. De esta manera se determinaría una ganancia inicial obtenida en mina.

Para hacer posible el proceso de transformación de una roca en un producto minero en condiciones de generar ingresos por su venta, se debe deducir a la ganancia en mina los correspondientes costos de operación y gastos de capital. Hasta este punto se obtendría una ganancia sujeta a impuesto a la renta, a la cual descontando este concepto se genera un flujo de caja libre (después de impuestos). Si a este valor le descontamos el costo del capital, se determina si existe generación de riqueza.

Las fases de la actividad minera para hacer factible la generación de riqueza desde un recurso geológico son las que se resumen a continuación:

Fase 1: Exploración

Exploración constituye la búsqueda de los recursos adecuados para la explotación comercial. Incluye:

- La investigación y el análisis de los datos históricos de exploración de un territorio.
- La realización de estudios topográficos, geológicos, geoquímicos y geofísicos.
- La perforación exploratoria, apertura de zanjas y toma de muestras.

Fase 2: Evaluación

Evaluación significa la determinación de la factibilidad técnica y la viabilidad comercial de un recurso mineral. Incluye:

- Evaluar el volumen y la calidad de los depósitos.
- Examinar y probar los métodos de extracción y los procesos metalúrgicos o tratamiento.
- Viabilidad de transporte y las necesidades de infraestructura.
- La realización de estudios de mercado y las finanzas.

La etapa de evaluación desarrolla por lo general un estudio de factibilidad que identifica las reservas probadas y probables y llega a la decisión de desarrollar una mina.

Fase 3: Desarrollo

Significa establecer el acceso a las instalaciones para extraer, tratar y transportar la producción de la reserva de mineral y otros preparativos para producción comercial puesta en marcha. Estos podrían incluir:

- Pozos de excavación y galerías subterráneas.
- Excavaciones permanentes.
- La construcción de carreteras y túneles.
- La eliminación anticipada de escombros y residuos.

Fase 4: Producción

Producción constituye las actividades del día a día para la obtención de un producto vendible de la reserva mineral a escala comercial. Se incluye la extracción y cualquier procesamiento antes de la venta.

Fase 5: Cierre y rehabilitación

El cierre se produce después que las operaciones mineras han cesado e incluye la restauración y rehabilitación del sitio.

Si combinamos las fases de la actividad minera con el contexto económico empresarial, podemos apreciar las siguientes etapas que recorre un proyecto minero:

Preinversión:	Propósito	Nivel de riesgo	Financiamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Cateo de prospección • Estudio de perfil • Exploración • Cubicación de reservas 	Identificar la mayor gama de alternativas posibles de explotación y tratamiento	Muy alto: Hay incertidumbre sobre el tonelaje y las leyes de mineral	Reinversión de las utilidades y/o fondos a riesgo perdido
Preinversión (cont.)	Propósito	Nivel de riesgo	Financiamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de factibilidad • Planeamiento de minado • Estudio de factibilidad 	Identificar una o más alternativas viables Seleccionar alternativa optima	Alto: Hay incertidumbre sobre la calidad del mineral, costos operativos e inversión:	Capital de riesgo de los promotores Préstamos de preinversión
Inversión	Propósito	Nivel de riesgo	Financiamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería básica y de detalle • Construcción • Desarrollo de mina 	Generar infraestructura requerida para la explotación minera	Limitado: Control del cronograma de construcción y nivel de inversión	Aportes de capital Préstamos a largo plazo
Operación	Propósito	Nivel de riesgo	Financiamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha de la operación 	Explotar de manera económica y preservar la continuidad de la operación	Normal: Manejo de riesgos de mercado, liquidez y deuda	Préstamos bancarios o corto plazo o líneas de crédito
Cierre	Propósito	Nivel de riesgo	Financiamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Inversiones en las actividades de cierre y poscierre 	Cumplir con el plan de cierre aprobado por la autoridad competente	Alto: Generación de fondos de caja terminales o constitución de garantías	Recursos propios

Entrando a la etapa de operación y siempre desde un enfoque económico, veremos en la figura que se presenta a continuación, que este proceso se inicia con la existencia de una cantidad de reservas mineras, las cuales determinarán la vida útil de una mina, en función de la capacidad de procesamiento del mineral. Un aspecto relevante para destacar se refiere al grado de integración de la operación minera, en función del cual se determinará la producción de mineral, concentrados de minerales o metales refinados.

De acuerdo con el grado de integración de una operación minera, se generarán los niveles de ingresos, se demandarán los recursos económicos

para cubrir los costos de producción y finalmente generar una rentabilidad como retorno de la inversión de los accionistas. Este resultado debe ser suficiente para cubrir además las inversiones de capital, es decir, bienes de propiedad planta y equipo, así como de inversiones intangibles (exploración y desarrollo minero). Luego de ello, se determina un flujo de caja libre (antes de impuestos) que, comparado con el nivel de inversión, determina un ROA (Retorno sobre la inversión) que debe ser comparado con el costo de capital que demanda el accionista minero.

VISIÓN GENERAL DEL NEGOCIO MINERO

Yacimientos agotables	Recursos / Reservas TM Leyes de Cabeza (Head Grade) Capacidad de tratamiento Vida útil del yacimiento		
	Mina	Mina	Mina
	Mantenimiento	Planta	Planta / Lixiviación
Procesos (integración)	Indirectos	Mantenimiento	Fundición / Refinería
		Indirectos	Mantenimiento
			Indirectos
Ingresos	Ventas de Mineral - TM Grado de Cabeza (Head Grade) Pérdidas metalúrgicas Pagables Cotización LME Ref: Zinc USD 200 x TM	Venta de concentrados - TM Contenido metálico Pagables Cotización LME Ref: Zinc USD 935 x TM	Venta de metal - (onza- libre) Cotización LME Ref: Zinc LME 2000 x TM
Costos	Costo de producción + Costo planta + Maquila - Subproductos = Cash Cost C1	Costo de producción + Maquila - Subproductos = Cash Cost C1	Costo de producción - Subproductos = Cash Cost C1
Rentabilidad	Ventas (-) Cash Cost - C1 = Margen Bruto +(−) Ingreso (gastos) operativos = Utilidad de operación +(−) Ingresos (gastos) financieros = Utilidad antes de impuestos (−) Impuesto a las ganancias = Utilidad neta		
Inversión de Capital	 + Propiedad, planta y equipos + Exploración y desarrollo = Capex + Plan de cierre		
Flujo de Caja Libre (Cash Flow)	 Flujo neto proveniente de: +(−) Operaciones +(−) Inversiones +(−) Financiamiento = Net Cash Flow		
Valor Económico Agregado (EVA)	% Rentabilidad - % Costo Capital		

Finalmente, es importante destacar los factores de éxito de una empresa que se dedica a la actividad minera, entre los cuales tenemos:

- Óptima administración de los costos de producción, teniendo en cuenta que la actividad minera es un negocio de costos.
- Evaluación estratégica de las inversiones de largo plazo, considerando que la minería es intensiva en inversiones de capital de alta magnitud que significan la inmovilización de recursos.
- Los precios de los metales son determinados por los mercados internacionales, lo que demanda una adecuada administración de herramientas de cobertura.
- Manejo adecuado de la responsabilidad social y ambiental.

2. Características de la industria minera

La minería es una actividad económica que presenta características especiales y que se distingue de la economía general por el aspecto geológico de los depósitos minerales. Al respecto, las principales características son:

Industria extractiva (de recursos naturales no renovables): Cuando se extraen los recursos minerales, estos no se renuevan; por esta razón, la minería es una actividad que se maneja con responsabilidad y tecnología para lograr el mayor aprovechamiento de estos recursos escasos. A fin de alcanzar este mayor aprovechamiento, las empresas mineras tienen por objetivo conseguir la óptima extracción de las reservas minerales con el mayor beneficio económico y con la máxima seguridad de las operaciones.

Alto riesgo: El desarrollo de una actividad minera tiene dos etapas importantes previas a la explotación. La primera es la búsqueda del recurso mineral que depende de factores técnicos, económicos y de la naturaleza, por esa razón las evaluaciones preliminares muchas veces conducen a evaluar zonas no importantes para desarrollar un proyecto minero. Además, el negocio minero no solo consiste en ubicar un depósito mineral, sino también llegar a determinar en una segunda etapa que este sea económicamente explotable. Esta evaluación es función de factores endógenos: calidad del mineral, cantidad del mineral, capital disponible, tecnología que se empleará, etcétera, así como de factores exógenos: precios de los metales, regulaciones ambientales y de seguridad, responsabilidad social, política tributaria, marco legal, etcétera.

Ciclo de vida marcada por etapas: El proceso minero tiene diversas etapas de desarrollo que tendrán un período de maduración variable y que depende del capital con el que se cuenta, la magnitud del proyecto, el tipo de mineral, etcétera. Por lo general, la actividad minera es de mediana a larga maduración.

Localización determinada (se ubica donde se encuentra el depósito mineral): Una de las características importantes de la minería y que la diferencia de las demás actividades económicas es que se desarrolla en donde se halla el recurso mineral. En cualquier otra actividad económica es factible definir la localización de la operación, mientras que en minería hay que ir al lugar donde se ubica el depósito mineral.

Alta relación entre producto y desperdicio: La extracción de recursos minerales implica la extracción de recursos valiosos de la corteza terrestre, los cuales están en contenidos muy bajos, esto implica desarrollar todo un proceso de separación de contenidos valiosos y no valiosos, en el que lógicamente la cantidad de material no valioso supera en cantidad a los valiosos, esto da en consecuencia una alta relación de desperdicio/producto, lo que origina el diseño de todo un proceso de disposición de estos materiales no valiosos, dependiente con el proceso tecnológico seguido.

Impacto económico: Remover grandes cantidades de materiales afecta al entorno al impactar sobre la geografía de la zona; por otro lado, la disposición de estos materiales y la tecnología empleada muchas veces pueden ocasionar un gran impacto en la zona, lo que se controla con planes de monitoreo, evaluación constante y restauración paralela al proceso productivo.

3. Proceso minero (*)

3.1. Minería a cielo abierto

El minado (explotación) a tajo o cielo abierto se realiza cuando los yacimientos son de gran tamaño, presentan una forma regular y se ubican en la superficie o cerca de esta.

Este es un proceso eficiente, en la medida en la que el costo de extraer el mineral (incluyendo la movilización de material no comercial que los cubre) sea menor que el precio de comercialización del mineral al extraer.

(*) Esta sección ha sido extraído del capítulo 1 (1.4.1) del Manual de aplicación práctica de las Normas Internacionales de Información Financiera en el sector minero 2024, publicado por la SNMPE

El tajo abierto se ve como un gran “tazón” y este se va construyendo en la medida en que la operación va avanzando, tanto lateralmente como en profundidad. A medida que se trabaja, se genera una especie de anfiteatro (por su forma escalonada) cuya forma puede ir cambiando en la medida en que avanza la operación. Si bien el concepto de una mina a tajo abierto es sumamente básico, su concepción y desarrollo involucra un planeamiento complejo y costoso. Cabe indicar, además, que con frecuencia muchas operaciones mineras empiezan como tajo abierto y, cuando llegan a un punto en que el costo de extraer el mineral no cubre el costo de extracción de las rocas aledañas, se empieza a utilizar métodos de minería subterránea.

¿Cómo se explota una mina de tajo abierto?

Antes de iniciar la perforación, es importante tomar en cuenta un elemento fundamental en su planificación: el ángulo del talud (tajo), el cual determinará tanto la seguridad como la rentabilidad de la mina. Una vez terminado el talud, se empieza con el retiro de las rocas para llegar al mineral.

La extracción se realiza mediante la perforación y la voladura de la roca, procesos que permiten partir los bloques de roca concreta en pedazos más pequeños, que posteriormente se cargan en camiones con grandes palas eléctricas o hidráulicas, o con excavadoras, para ser retirados y clasificados en camiones de gran tonelaje. A medida que el tajo va creciendo se forma lo que se denomina bancos, que son como “escaleras” alrededor de las cuales se explota el mineral y que se conectan por medio de rampas entre ellas y hacia la superficie.

El tajo abierto supone la extracción de todo el material de la zona donde se encuentra el mineral, y, por lo tanto, de un gran volumen de rocas, por lo que es necesario usar maquinaria y equipos de gran capacidad, lo que además es posible debido a que el espacio no está restringido, como es el caso de las minas subterráneas.

El material clasificado con contenido metálico se transporta a la planta de beneficio para que pueda seguir los posteriores tratamientos físicos y químicos a fin de obtener el mineral resultante, mientras que el material clasificado como desecho (o desmonte) se vierte en zonas asignadas para ello. A veces existe una tercera categoría de material de baja calidad (mineral de baja ley), que puede almacenarse por si en el futuro acaso sea rentable su aprovechamiento.

Cuando la mina llega al final de su vida útil, el tajo abierto, de acuerdo con lo planificado en su plan de cierre, se rehabilitará para ser convertido en un depósito de residuos con una posterior revegetación del terreno o para ser convertido en lago (donde ya puedan vivir especies animales), previo control del terreno como parte de las medidas de rehabilitación emprendidas por las empresas.

3.2. Minería subterránea

La exploración de minerales de forma subterránea es la extracción mediante diversos métodos de ingeniería minera debajo de la superficie del terreno.

Este tipo de extracción se realiza cuando la cubierta de rocas (o material sin presencia de mineral) es de tal espesor que el costo de removerlo para hacer un tajo abierto no es económico (como, por ejemplo, del interior de un cerro). Este tipo de explotación se usa cuando las zonas mineralizadas (comúnmente llamadas vetas) son angostas y profundas, por lo que es preferible perforar la roca para acceder a las mismas.

Con el fin de acceder a las zonas mineralizadas se penetra la roca desde la superficie mediante perforaciones horizontales (túneles o galerías), verticales (piques o chimeneas), inclinadas (rampas), ubicadas en diferentes niveles con la finalidad de fragmentar (partir), cargar y transportar el mineral desde el interior hasta la superficie. Asimismo, es necesario también construir conductos de ventilación, rieles para carros mineros (de ser necesario), instalación de líneas de energía, accesos para el agua, servicios higiénicos, almacenes, entre otros.

¿Cómo se explota una mina subterránea?

La forma de acceso a la zona mineralizada dependerá de cómo se presente el mineral en el subsuelo y la forma de trabajo a usar en el proceso de explotación.

De manera muy general, podemos decir que los túneles, piques o rampas se construyen mediante la voladura de la roca, es decir, con el uso de explosivos que se colocan en la roca, siguiendo la forma que quiere dársele a la infraestructura subterránea. Es importante mencionar que, entre cada explosión para el fraccionamiento de la roca, las perforaciones creadas deben ventilarse y despejarse.

Después de este procedimiento, se extrae el material fragmentado y se estabilizan las paredes y techo del túnel, dependiendo del método que se haya decidido usar, así como de las características del terreno y del empleo que se le dará a cada una de estas perforaciones.

Existen varios métodos de explotación subterránea, los cuales dependerán esencialmente de la forma de la veta del mineral. Entre ellos podemos encontrar cámaras y pilares, tajo por subniveles, cráteres invertidos, corte y relleno, almacenamiento provisional, etcétera. Estos básicamente permiten extraer el mineral de los socavones mediante diversos métodos, para luego, al igual que en el caso de una mina de tajo abierto, llevar el mineral a la planta de beneficio para su tratamiento.

3.3. Concentración o procesamiento metalúrgico (beneficio e hidrometalurgia)

El mineral que se extrae de mina por lo general no se puede comercializar, debido a que hay que someterlo a un tratamiento a fin de elevar su ley (porcentaje de contenido metálico) para hacer posible su venta, o prepararlo para el proceso posterior de fundición y refinación.

Actualmente, la tecnología y la investigación hacen posible el concentrado de minerales con leyes muy bajas, y que hasta hace unos años no eran susceptibles de recuperación por razones económicas, sin causar el menor daño ambiental.

La concentración depende también del tipo de mineral o minerales que se encuentran presente.

Los dos procesos de concentración más usados en minería son la concentración (en sentido estricto) y la lixiviación (hidrometalurgia), en algunas minas se usan ambos métodos de manera independiente o a veces combinados.

Concentración: Es un proceso de enriquecimiento de algunos minerales (sulfuros de cobre, plomo o zinc que tienen contenidos de oro y plata), en el cual el mineral es separado debido a procesos de reducción de tamaño (chancado y molienda), concentrando, por un lado, las partes de contenido útil, en tanto que el material sin valor (relave) es descartado. El objetivo es producir un material concentrado enriquecido de tonelaje reducido, con lo cual se ahorra el costo de transporte a la planta metalúrgica y se reduce el costo de tratamiento de esta. Los procesos que integran la concentración son los de recepción de materiales, chancado, molienda, flotación y secado de concentrados.

Dependiendo del tipo de mineral que se procesa, se obtienen concentrados de cobre, plomo, zinc y otros como los concentrados "bulk", que tienen dos metales (plomo/cobre, plomo/zinc o zinc/cobre). También se consiguen concentrados de plata/oro cuando las características del mineral así lo permiten.

Cuando el producto final del proceso de concentración se obtiene uno o más tipos de concentrados, los que por sus características toman la denominación del metal predominante.

Lixiviación: El procedimiento hidrometalúrgico (lixiviación) es el proceso mediante el cual algunos minerales (óxidos de cobre, minerales de oro y plata libres) son acondicionados en pilas denominadas pads de lixiviación (montículos de mineral), donde son rociados con una determinada solución (ácido sulfúrico para el cobre; cianuro de sodio para el oro), la cual disuelve los contenidos metálicos valiosos, formando una solución enriquecida con contenidos metálicos disueltos. Esta solución se purifica posteriormente y se les somete a algunos

procesos fisicoquímicos, mediante los cuales se recupera el metal o los metales. Para los óxidos de cobre se utiliza el ácido sulfúrico en su disolución, posteriormente se procede a su electrorrefinación; para el oro/plata se utiliza el cianuro de sodio, que forma una solución enriquecida, a la que se añade polvo de zinc (proceso Merril Crowe) para la precipitación de oro y plata.

Lixiviación bacteriana (biolixiviación): Consiste básicamente en el uso de bacterias para la generación del sulfato férrico, que se constituye en el disolvente del sulfuro de cobre. El principio se basa en la utilización de bacterias que oxidan el hierro y el azufre. Estas bacterias emplean el oxígeno y el carbono de la atmósfera para que mediante su metabolismo generen la oxidación del hierro y el azufre. Efectuada la disolución de los sulfatos de cobre, se procede a la recuperación del contenido metálico del mismo, siguiendo los demás procedimientos de una planta de lixiviación.

3.4. Fundición

Para conseguir la recuperación de los metales desde los concentrados o las soluciones lixiviadas se los somete a procesos de fundición y/o refinación, en los cuales se obtienen los metales en estado de pureza listos para su transformación industrial.

Fundición pirometalúrgica: Una gran parte de los metales no ferrosos se encuentran en la naturaleza ligados al oxígeno y otros en la forma de sulfuros. La mayoría de los sulfuros metálicos se tuestan con el fin de convertirlos en sus respectivos óxidos.

La obtención de los metales a partir de sus óxidos, mediante el uso del calor, se denomina "procesos pirometalúrgicos", y consiste en la obtención de los metales por medio de la destrucción de la unión de enlaces entre el oxígeno y el metal, el cual puede ser muy débil o muy fuerte.

Los procesos de fundición consisten en la separación de los metales contenidos en los concentrados. Comienzan con la eliminación del azufre, para ello se aplica en hornos de soleras múltiples un tostado a temperaturas moderadas (de 600 °C a 800 °C) que causa una transformación de sulfuros a óxidos al ser eliminado el azufre.

El proceso continúa en hornos reverberos y convertidores a temperaturas más elevadas (de 1000 °C a 1500 °C). Se logra así la fusión de los materiales que ingresan. Con ello se obtienen metales, aun en forma impura, que tienen contenidos de metales valiosos. Por ejemplo, en el caso del cobre se obtiene el cobre ampolloso o blíster, con un contenido de cobre que alcanza hasta el 99.2%, recuperándose también plata, oro, bismuto, selenio, telurio y arsénico. Las actividades del que consta este proceso son:

FUNDICIÓN DE COBRE

Preparación de camas y manipuleo de materiales de cobre: Los concentrados mezclados con los fundentes y otros materiales más constituyen la materia prima que se fundirá. En este proceso se preparan los “blending” o “mezclas” adecuadas para optimizar los procesos de fundición por los que pasarán. Aquí también se acondicionan determinados materiales con otros contenidos metálicos que se deseen recuperar. En fundiciones de circuitos compuestos, esta fase del proceso puede constituir costos conjuntos que luego se distribuyen proporcionalmente a los volúmenes preparados o mezclados para cada uno de los circuitos.

El producto resultante del proceso de preparación se transfiere a los tostadores de cobre.

Tostadores de cobre: Proceso que consiste en el calentamiento o tostado de los materiales a temperaturas de 650 °C a 800 °C (calentamiento y combustión parcial llamado también fusión incipiente porque no llega a la fusión), para eliminar la humedad, el arsénico y parte del contenido de azufre que contienen los concentrados.

El producto obtenido se denomina calcina de cobre y es transferido a los hornos reverberos.

Reverberos: En los reverberos la calcina se funde a temperaturas que varían de 1300 °C a 1500 °C, convirtiéndose en una masa líquida dividida en dos capas. La superior que se compone de fierro, sílice y otros, denominada escoria, la que es sacada del reverbero y granulada con agua a presión, para facilitar su manipuleo. La inferior, que está constituida básicamente por el cobre licuado en la forma de sulfuro de cobre, se le denomina “mata”, la que absorbe casi la totalidad de los metales preciosos (oro, plata, etcétera). La mata pasa de inmediato al proceso de los convertidores.

Convertidores: La mata caliente transferida de los reverberos es tratada en hornos llamados convertidores, en estos se agregan determinados materiales como silica y se inyecta oxígeno para producir la oxidación en determinados metales que se hallan en la mata juntamente con el cobre. Los metales oxidados forman escorias que se separan en la parte superior, lo que facilita su eliminación y/o traslado a otras plantas para su posterior recuperación. De los reverberos, así como de los convertidores por medio de ductos de ventilación, se recuperan los humos y polvos que son conducidos a unos filtros antes de ser expulsados los gases al exterior. Deben mencionarse también los nuevos convertidores que utilizan una moderna tecnología como Flush Furnaces, El Teniente, Outokumpu, etcétera.

Sistema de gases y ventilación: En los procesos de tostación, fusión y conversión se producen gases que forman parte de los recirculantes del circuito, los que recolectan mediante ductos, conduciéndoles

hasta los filtros (Cottrelles). Todo este proceso identificado con el circuito forma parte del mismo. Los materiales o los polvos recuperados por este sistema reingresan al circuito o son transferidos a otros procesos o subprocesos.

Moldeo: La mata, que se obtiene de los convertidores, constituye el cobre blíster y se moldean en máquinas que normalmente tienen forma cilíndrica y giran a medida que se va vaciando el cobre, el producto de este moldeo lo constituyen los ánodos de cobre.

Refinación del cobre: Los ánodos se suspenden en tanques que contienen ácido sulfúrico y sulfato de cobre. Se pasa una débil corriente eléctrica a través de los ánodos, y la solución química y el cobre disuelto se depositan en placas de arranque muy delgadas para producir cátodos de cobre que contienen aproximadamente 99.99% de cobre. Durante este proceso, la plata, el oro y otros metales (por ejemplo, el paladio, el platino y el selenio) junto con otras impurezas, se asientan en el fondo del tanque (lodo anódico). Este lodo anódico se procesa en una planta de metales preciosos donde se recupera selenio, plata y oro.

FUNDICIÓN DE PLOMO

Preparación de camas y manipuleo de materiales de plomo: En forma similar al de circuito de cobre, en el de plomo, los concentrados mezclados con los fundentes y otros materiales más constituyen la materia prima que se fundirá. En este proceso se preparan los “blending” o “mezclas” para optimizar los procesos de fundición por los que pasarán. Aquí también se acondicionan determinados materiales con otros contenidos metálicos que se deseen recuperar. En fundiciones de circuitos compuestos, esta fase del proceso puede constituir costos conjuntos que luego se distribuyen de modo proporcional a los volúmenes preparados o mezclados para cada uno de los circuitos.

El producto resultante del proceso de preparación se transfiere a los tostadores de plomo, que también se llaman planta de aglomeración.

Tostadores de plomo: En este proceso, los materiales provienen de la “cama” de plomo y son ingresados a la planta de tostación, llamada también planta de sinter. El objetivo de este proceso es la eliminación de la humedad y del azufre que contienen los concentrados, el producto resultante, o material aglomerado y poroso, es transferido a los hornos de manga.

Hornos de manga: La materia prima es el sinter o material aglomerado, que es cargado a los llamados hornos de manga, hornos verticales o altos hornos, a los que también se carga con coque, que constituye el material de combustión y reductor.

El producto obtenido se denomina “plomo bullion”, que es transferido a la planta de espuma.

Planta de espuma de plomo: El plomo bullion, obtenido en los hornos de manga, se conduce en tazas a las ollas de la planta de cross, llamado también planta de espumado, donde se eliminan el cobre, el estaño y otras impurezas en la forma de escorias.

Planta de moldeo: El plomo bullion, que se obtiene de la planta de cross, se vacía a los moldes que están instalados en una tornamesa. El producto resultante son los ánodos de plomo bullion, que se trasladarán a la refinería.

3.5. Refinación

Refinación pirometalúrgica: La refinación puede ser también como en el caso del cobre del tipo refinación pirometalúrgica (refinación a fuego en hornos convertidores).

Refinación por electrodeposición: El otro tipo de refinación se denomina “electrodeposición” (EW), en la cual se refina la solución de sulfato de cobre enriquecida que se obtiene en la lixiviación, pero en este caso en el ánodo se coloca una lámina de acero y en el cátodo una lámina de cobre puro, hacia el cual van los iones de cobre de solución.

4. Recursos-Reservas, Valor de mineral, Ley de corte y su relación con los costos de producción

Conforme se puntuó anteriormente, la etapa de pre inversión conlleva el desarrollo de las actividades de coteo, que consiste en realizar búsquedas visuales de anomalías geológicas en la superficie, lo que puede dar indicios de presencia de minerales. Luego en la actividad de prospección, la observación se efectúa con el apoyo de herramientas tecnológicas para desarrollar un trabajo más eficiente y rápido, como las fotos aéreas, datos satelitales, técnicas geofísicas (para observar propiedades físicas de las rocas analizadas) o geoquímicas (para obtener resultados

químicos de los materiales observados). Con base en los resultados del coteo y la prospección se elige el área para un estudio más detallado, que permita la comprobación de la existencia de minerales.

La siguiente actividad que tiene el papel más significativo es la exploración, en tanto, los estudios que se realizan en ese momento permiten determinar la magnitud de la reserva y calidad (ley) del mineral que se halla en el futuro yacimiento minero. Para esto se hacen estudios más detallados sobre la geología de la zona, incluyendo perforaciones, muestreos, análisis del contenido y tipo de mineral, entre otros, buscando definir si el material es recuperable y a qué costo. Así, la exploración y los estudios más detallados ayudan a determinar si es viable económicamente la explotación de un yacimiento.

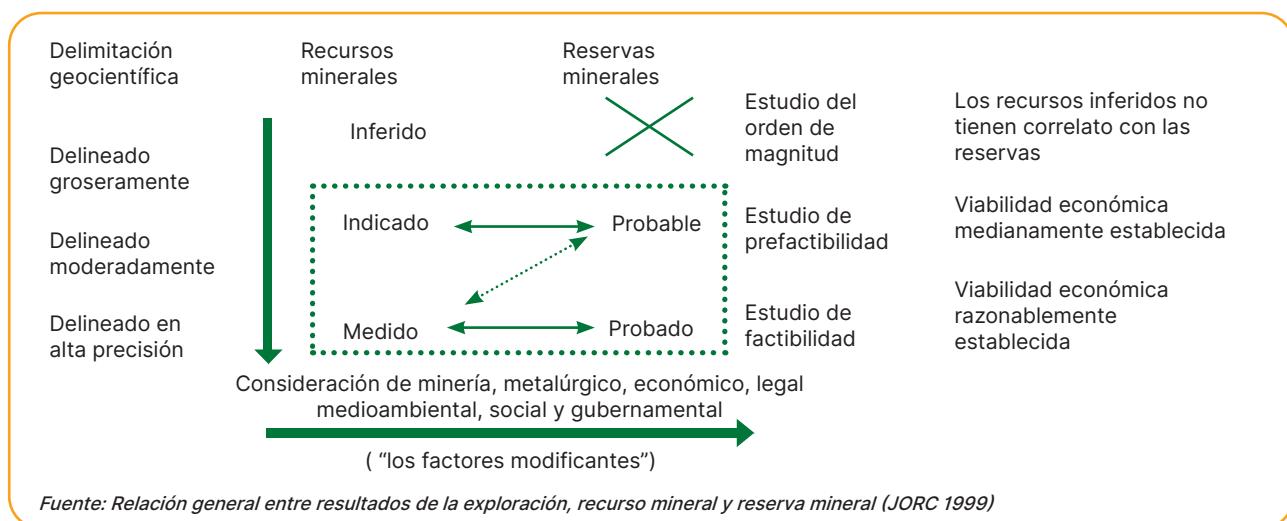
Luego de concluida la etapa de exploración, sea en un proyecto nuevo o en una operación minera en marcha, se está en la capacidad de cubicar la cantidad de mineral con su ley geológica existente en una determinada zona o del yacimiento en su conjunto. El mineral es una acumulación de rocas con presencia y contenidos de diferentes metales en una cantidad determinada, denominada ley del mineral (o grado de cabeza del mineral) que para la actividad minera se denomina recurso.

Recurso es la cantidad total de mineral existente en la zona, incluyendo el que no podrá ser explotado por su baja concentración o ley.

Reservas: Cantidad (masa o volumen) del mineral susceptible de ser explotado. Depende de un gran número de factores: ley media, ley de corte (ver más abajo), y de las condiciones técnicas, medioambientales y de mercado existentes en el momento de llevar a cabo la explotación.

La siguiente ilustración muestra la definición de recursos y reservas basada en la confiabilidad geológica y los “factores modificantes”:

ILUSTRACIÓN 1



Como se desprende de lo manifestado anteriormente, los recursos minerales de una empresa minera representan el activo más importante del negocio, en función de los cuales se definirán las reservas probables y probadas del yacimiento, que a su vez serán base de estimación de la vida de la mina y de la cantidad de mineral a ser explotado. Sin la determinación de las reservas probables y probadas no es posible hablar de una empresa en marcha en el negocio minero.

Los recursos minerales, a su vez, se subdividen de acuerdo con la confianza geológica ascendente, basada en el conocimiento de las dimensiones del cuerpo mineralizado, en las siguientes categorías (Blondell y Lasky, en 1956, y adoptados posteriormente por la U. S. Bureau of Mines y el U. S. Geological Survey):

Recursos inferidos, entendidos como la parte de un recurso cuya existencia ha sido comprobada, pero cuyas magnitudes, en términos de volumen, y sus características mineralógicas no se conocen con exactitud y se infieren, siendo de calidad y fiabilidad reducidas con un grado de certidumbre y un nivel de confianza bajo.

Recursos indicados, presenta un interés económico intrínseco sobre la base de una exploración general que confirme las principales características geológicas de un yacimiento y que suministre una estimación inicial de sus dimensiones, forma, estructura y contenido. Se proyectan con un grado de certidumbre y un nivel de confianza inferiores a los de un recurso medido.

Recursos medidos, son aquellos que han sido objeto de exploraciones, muestreos y ensayos con las técnicas adecuadas para confirmar la continuidad geológica y que proporcionan datos fiables y detallados que posibiliten el cálculo con alto grado de exactitud el tonelaje/volumen, la densidad, las dimensiones, la forma, las características físicas, la calidad y el contenido mineral. Requiere de un alto grado de confianza y de conocimiento de la geología y los controles del indicio.

De acuerdo con el grado de confiabilidad que se tenga sobre la cuantificación de los recursos minerales, estos se convertirán en:

Reservas probables cuando un recurso mineral medido o indicado ha sido objeto de estudios técnicos y económicos apropiados, determinando que es justificada su explotación. Existe un factor de riesgo en el cálculo, puesto que los valores obtenidos no han sido "probados". Y en reservas probadas cuando un recurso mineral medido o indicado ha sido objeto de estudios técnicos y económicos precisos, demostrando su cuantificación en términos de tonelaje/volumen y contenido (ley)/calidad explotable.

Valor económico del mineral y ley de corte (LC)

El mineral por su contenido metálico tiene un valor económico intrínseco, debido a la estimación de ingresos que podría generar cuando este sea procesado. Partiendo de las leyes de cabeza del mineral (head grade), recuperaciones de planta, precios de los metales y las condiciones comerciales, se puede estimar el valor del mineral, inclusive si aún este no se ha explotado. El valor del mineral comparado con sus respectivos costos de explotación, el monto de las inversiones de capital y el soporte administrativo determinarán la viabilidad económica de extraer el mineral o la continuidad de una operación.

La fórmula convencional para estimar el valor del mineral es la siguiente:

$$V=((Im'p"Rm1*Rm2*...Rmn) - T) * Qm$$

V= ventas en US\$

Im= ley del mineral

p= precio del mineral

Rm1*Rm2*..Rmn = recuperaciones metalúrgicas

T= costo de los procesos faltantes para tener mineral refinado (maquilas, pérdidas metalúrgicas, penalidades)

Qm= cantidad de mineral vendido (TM)

La ley de corte o *cut off* (LC) es aquella ley de mineral, cuyo valor es igual al costo de producción (Cp), es decir, corresponde a la ley de mineral que no da pérdidas ni ganancias. La ley de mineral es expresada en términos de porcentaje en casos de cobre, zinc, plomo o estaño; en términos de Oz/tc o g/t en casos de plata y oro; mientras que el valor del mineral (Vm) y el costo de producción (Cp) son expresados en \$/t de mineral.

Con este concepto, leyes superiores a la LC darán ganancias, considerándose mineral económicamente explotable; en cambio las leyes inferiores a la LC darán pérdidas, no recomendables para su explotación. Por eso en una operación o proyecto minero es muy importante conocer la ley de corte, pues con base en ella se podrá cubicar reservas, hacer el planeamiento de minado, decidir el destino que se dará a los disparos de los frentes de acuerdo con su ley o iniciar nuevos proyectos mineros; en fin, en toda actividad minera y en todos sus niveles de decisión.

El proceso de clasificación de una reserva minera, para determinar si se trata de reservas probadas o probables con valor económico, comienza con la toma de muestras del yacimiento, para luego definir la ley mínima o ley de corte, que puede

ser trabajada con rentabilidad. La ley de corte (*cut off*) será aquella ley mínima cuyo valor cubre todos los costos involucrados en el proceso minero (producción + procesamiento + comercialización) y equivale al costo indispensable para que la reserva minera resulte económicamente rentable. El volumen de material, cuya ley se encuentre por debajo de la ley de corte, será considerado desmonte, por su reducido contenido metálico que no justifica su tratamiento, al no cubrir los costos del proceso productivo. Así, por ejemplo, si la ley de corte de una mina que produce cobre es de 1%, se trabajará únicamente aquellas zonas del yacimiento en las que el contenido de cobre esté por encima del 1%. Cada mina tiene una ley de corte particular, la cual se establece en función de las características del yacimiento, el método de producción y la técnica de procesamiento empleada.

Diversos factores pueden hacer variar la ley de corte de una operación, debido a su influencia en los costos o en el ingreso de la empresa. El factor más directo son las fluctuaciones de las cotizaciones de los metales. Por ejemplo, en un contexto de precios bajos el volumen de reservas se reduciría, ya que se extraerá únicamente aquel material por encima de la ley de corte. La paradoja es que esto se da sin que el yacimiento sufra modificación alguna. El volumen de mineral sigue siendo el mismo, la diferencia está en su valor económico. Por el contrario, si se vislumbra un escenario internacional con mejores precios, no solo las reservas probadas entrarían a operar con mayores volúmenes de producción, sino que además se justificaría el trabajo en las zonas de reservas probables.

Por último, la tecnología es otro factor que influye en la operación de una reserva minera. Así, los

últimos avances en las técnicas de exploración han hecho posible el descubrimiento de yacimientos que hubiesen pasado desapercibidos usando la tecnología tradicional. Del mismo modo, los avances en métodos de producción y procesamiento han permitido una constante reducción en los costos y tiempos, lo que lleva a que las empresas operen de manera más eficiente y limpia, mayores volúmenes de reservas mineras.

En términos de una representación económica se puede enunciar la siguiente fórmula de la ley de corte.

INGRESOS = EGRESOS

$$(\text{Ley} * \text{precio} * \text{recuperación} - \text{Maquila}) * Q = \text{Costos}$$

$$\text{LEY MÍNIMA} = \frac{\text{Costos}}{Q}$$

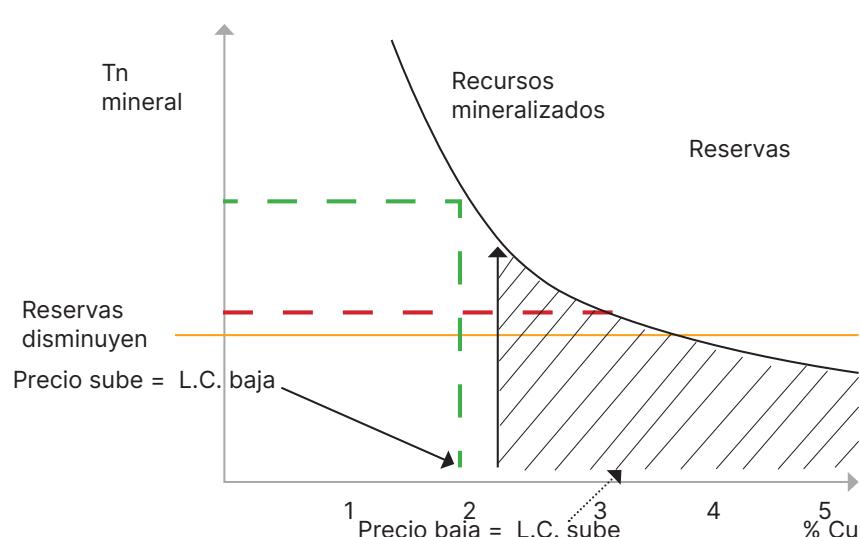
$$\text{Precio} * \text{Recuperación} - \text{Maquila}$$

Relación de reservas vs. ley de corte

La ley de corte puede verse impactada por aspectos económicos, como por ejemplo el precio de los metales de la reserva minera a procesar o los costos de operación.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la relación entre el aumento o disminución de la ley de corte ante un cambio en los precios de los metales, lo cual finalmente afecta a la cantidad de reservas. *Ver el gráfico 1.*

GRÁFICO 1: La ley de corte vs Tonelaje



Si partimos de un **escenario base** con una ley de corte de aproximadamente 2.2% del metal evaluado, se tiene una determinada cantidad de reservas (esto se identifica con la flecha y la línea negras).

Un siguiente **escenario desfavorable** se da cuando el precio del metal disminuye, lo cual ocasiona que la ley de corte se incremente hasta aproximadamente 3.2% y, por ende, impacta disminuyendo la cantidad de las reservas (esto se aprecia en las líneas discontinuas en rojo).

Un **escenario favorable** se daría en el caso de un incremento en el precio del metal, que generaría una disminución de la ley de corte a un nivel menor a 2% (cerca de 1.9%), que genera un incremento en las reservas mineras (esto se aprecia en las líneas discontinuas en verde).

Con este análisis se puede concluir que la ley de corte al impactarse por el incremento o disminución en el precio del metal, traslada el efecto a las reservas mineras. La conclusión es que finalmente el precio del metal mediante la medición del *cut off* favorecerá con el incremento de las reservas mineras, o en su caso generará una disminución.

5. Indicador global de costos de la industria minera

Teniendo en consideración las diferencias que podemos encontrar en las empresas dedicadas a las producción minera, dadas por el grado de integración en sus procesos productivos, la forma de extracción de los minerales (minería a tajo abierto o subterránea), los contenidos metálicos que se reflejan en los concentrados o metales refinados y la conformación de los costos directos e indirectos, se requiere tener indicadores que permitan la medición homogénea de los costos de producción del negocio minero.

Al respecto, en la industria minera los costos se miden empleando el indicador denominado **cash cost**, el cual se define como todos los costos que se incurren en efectivo cuando la producción minera se está llevando a cabo, menos los ingresos por venta de subproductos. La consultora Brook Hunt (2008) en su publicación, *Copper Costs: Mines & Project Summary y Analysis – Appendix A* (edición 2008), desarrolló una metodología para el cálculo del **cash cost**, la cual se presenta a continuación.

Convencionalmente el **cash cost** tiene tres tipos: **C1**, **C2** y **C3**, y para entender ello es necesario revisar los elementos que conforman el costo de producción minera.

Costos directos son los incurridos por:

- El proceso de producción de mina
- El proceso de beneficio de minerales (concentración, lixiviación, SX o EW)

- Gastos administrativos y generales de soporte al complejo minero
- Cualquier servicio que sea esencial para la operación
- Fundición y refinería
- Costo de flete en el transporte de concentrados o metales finales
- Impuestos que afectan la actividad minera (relacionados con los procesos)
- Costos de comercialización

Costos indirectos son los incurridos por:

- Costos corporativos de la oficina central.
- Investigación y exploración atribuible a la operación minera.
- Regalías y otros impuestos (incluyendo impuestos a la exportación), pero excluyendo impuestos a las ganancias y al valor agregado.
- Costos extraordinarios (por ejemplo: costo de huelgas, fondos de pensiones).

Costos que no representan salidas de efectivo:

- Depreciación y amortización
- Castigo de activos
- Costos de *stripping or leaching*, cargados antes o después de una operación

Costos capitalizados son costos directos capitalizados, tales como:

- Desarrollo de mina
- Costos diferidos por el *stripping* por desmonte o costo de leaching.

Crédito por subproductos representado por el valor neto de los subproductos o co-productos en el punto donde ellos son separados físicamente del metal en análisis.

Cash cost C1 es el costo directo neto incurrido en el proceso minero hasta llegar al proceso de refinación, menos el crédito de los subproductos.

Depreciación: incluye la depreciación de activos fijos y la amortización de gastos de desarrollo capitalizados.

C2 es igual al costo C1 más la depreciación, que incluye la depreciación de los activos fijos y la amortización de los gastos de desarrollo capitalizados.

C3 costo es el costo C2, más los costos de intereses y los costos indirectos descritos anteriormente. Los cargos por intereses son los pagados menos los generados por cuentas por cobrar, y los préstamos de corto y largo plazo.

El total cash cost es la suma de los costos directos e indirectos y cargos por intereses. Los costos que no representan salidas de efectivo no son incluidos.

El costo total (Fully Allocated Cost) es la suma del total cash cost, depreciación y los costos que no representan salidas de efectivo.

El cash cost se mide en términos unitarios, es decir, se puede calcular los indicadores C1, C2 y C3, dividiendo el costo total de acuerdo con las clasificaciones antes indicadas, entre alguna unidad de producción relevante para la operación minera. Por ejemplo, podemos tener el cash cost por una libra de cobre, o cualquier otro metal refinado medido en toneladas, onzas, etcétera. En el caso de las minas polimetálicas que producen concentrados de diversos metales (zinc, plomo, plata) es común gestionar este concepto de cash cost por el costo unitario de tratar una tonelada de mineral en la planta de beneficio de minerales. En este mismo grupo de operaciones mineras se puede emplear una metodología de metal equivalente, para referenciarse al metal principal (por lo común el que produce por lo menos 60% de los ingresos) y los otros resultan ser un crédito por subproductos, aplicado al costo total que en este caso es asignado íntegramente al metal principal definido.

6. Aspectos relevantes de la comercialización de metales y minerales

Los metales se comercializan en un mercado de competencia perfecta en el cual el precio está dado y los productores no pueden influir en él. Los valores de los minerales dependen de los acuerdos comerciales y de la volatilidad de las cotizaciones de los metales, como consecuencia de la oferta y la demanda en las principales bolsas internacionales donde se transan estos **commodities** y que nos sirven de referencia (por ejemplo, el LME, LBMA, Comex, etcétera) para valorizar los minerales. Este balance entre la oferta y la 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.

De acuerdo con las exigencias y las formalidades, las negociaciones entre los productores mineros y sus compradores (pueden ser refinerías o comercializadores) terminan plasmando sus acuerdos en un contrato. Con frecuencia, 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 con el mecanismo pactado en el contrato.

Algunos aspectos importantes que se consideran en los contratos de comercialización se resumen a continuación:

Productos:

Los productos metálicos básicos de mayor demanda y volumen de producción, llamados industriales, son cobre, plomo, zinc, aluminio, níquel y estaño. También se tienen los minerales y metales clasificados en el rubro de preciosos, como es el caso del oro, la plata y el platino.

Es usual comercializar concentrados, que es el producto mineral que ha sido sometido a diversos procesos (flotación, lixiviación, gravimetría, entre otros), para separar la mayor parte de la ganga del mineral y recuperar los contenidos valiosos. Los concentrados llevan el nombre del mayor metal contenido (lo que no quiere decir que sean productos metálicos), por lo que pueden ser concentrados de zinc, cobre, plomo y otros. Estos productos contienen otros elementos, además de materiales residuales, que en la negociación se convierten en elementos pagables y/o penalizables, dependiendo de las condiciones operativas del comprador (o refinería) que tratará (procesará) el concentrado.

Modalidades de venta:

Las ventas de productos mineros se realizan con diversas modalidades de contratos, entre las principales (a) **Corto plazo**: estipula la venta de un tonelaje determinado en una sola entrega. (b) **Largo plazo**: estipula la venta de un tonelaje determinado en varias entregas o embarques, con un período de duración que abarca de un año a más.

Entrega:

Especifica el punto exacto de entrega de acuerdo con los incoterms correspondientes. En la mayoría de casos los contratos entre fundidores y mineros se hacen sobre posición CIF; en que el vendedor (productor minero) asume los costos de seguro y fletes hasta el puerto de destino (puerto del comprador) y el comprador asume los gastos de la descarga y el transporte hasta su fundición o refinería. En el caso de las entregas FOB, el comprador (comercializador o refinería) asume los costos de flete marítimo y seguro.

Precio:

En esta cláusula se consignan el pago (fórmulas) de los elementos pagables dependiendo del mineral o concentrado de mineral o metal refinado y las deducciones:

Pagos por contenidos pagables

En los contratos tipos para comercializar concentrados se usan fórmulas que determinan los contenidos pagables, expresadas en porcentajes del contenido metálico, con unidades de deducciones mínimas. Por ejemplo, es usual que en los concentrados de zinc se pague el 85%

contenido final de zinc, sujeto a una deducción mínima de ocho unidades.

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.

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 los 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 relacionan la cotización del metal con el gasto de tratamiento, que es aplicable cuando los precios de referencia sean mayores o menores (en caso de que haya escaladores positivos o negativos) al precio actual de cotización.

Período de cotización:

Los contratos de periodicidad anual con entregas parciales por lo general no se negocian a precio fijo, sino a una cotización no conocida referida a un cierto período de tiempo durante el cual el contenido pagable metálico será apreciado o denominado "período de cotizaciones". Ejemplos:

- Mes anterior al mes programado de entrega en puerto de embarque.

– Segundo mes siguiente al mes de arribo de la nave a puerto de destino.

– Tercer mes siguiente al mes de arribo a la refinería de destino.

Pagos:

En esta cláusula se establecen los pagos, adelantos o financiamientos que se deben realizar por las entregas de los concentrados. Los usuales son:

- **Adelantos:** 80% del valor provisional en almacén de embarque u otro punto de entrega mutuamente convenido. Siendo este un financiamiento, por lo general se aplican intereses hasta la fecha contractual del pago provisional.
- **Pago provisional:** 85% del valor provisional, usualmente basado con la información de los precios, pesos y análisis de la fecha embarque, la factura será pagada a los cinco días útiles de presentada la documentación completa (factura + documentos de embarques + certificados de pesos y ensayos provisionales).
- **Pago final:** Una vez conocido los pesos, leyes y cotizaciones finales.

Pesaje, muestreo y determinación de humedad

Se refiere al documento elaborado, rubricado por los representantes del vendedor y del comprador en los certificados de las compañías supervisoras, de reconocido prestigio internacional, nombrados mutuamente compartiendo costos 50/50. Mostrando el peso exacto, grado de humedad y los resultados del muestreo para los respectivos análisis.



SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA



Capítulo 2

Marco conceptual de la contabilidad de costos



Minería sostenible con visión de futuro

La minería peruana avanza hacia una operación autónoma, con una gestión de costos eficiente y sostenible.



Visítanos en nuestras
redes sociales como **KPMG en Perú**:



Capítulo 2

Marco conceptual de la contabilidad de costos

1. La contabilidad de costos: Introducción y objetivos

La contabilidad de costos tiene por objetivo primordial la acumulación de los costos que permitan a la administración el análisis y la interpretación significativa para tomar decisiones y presentar informes de gestión y financieros exactos. Este objetivo se lleva a cabo diseñando el sistema, de modo que brinde información exacta, pertinente y oportuna en tres áreas.

- Costeo del producto para definir y/o evaluar los márgenes de rentabilidad respecto a los ingresos que generan los productos.
- Valuación de inventarios para cumplir con los requisitos internos y externos de los informes financieros.
- Control del costo sobre las actividades de producción y operación.

En términos generales, **Costo** se define como un recurso sacrificado medido en una unidad monetaria para alcanzar un objetivo específico. Es un término utilizado para medir los esfuerzos asociados con la fabricación de un bien o la prestación de un servicio. Representa el valor monetario del material y mano de obra directa (costos primos), así como los costos indirectos de fabricación.

Tres conceptos que por lo general se utilizan al describir los costos de fabricación son: costo de materiales directos, costos de mano de obra directa de fabricación y costos indirectos de fabricación:

- Los **costos de materiales directos** son los importes de adquisición de todos los materiales que al final se convierten en parte del objeto del costo (productos en proceso y después productos terminados) y que pueden rastrearse al objeto del costo en forma económico factible. Los costos de adquisición de los materiales directos incluyen el flete de entrada (entrega al almacén), impuesto sobre ventas (que resulten como créditos fiscales) y derechos de aduana.
- Los **costos de mano de obra directa** de fabricación incluyen la remuneración de toda la mano de obra de fabricación que puede rastrearse al objeto del costo (productos en proceso y después productos terminados) en forma económico factible. Algunos

ejemplos incluyen salarios y prestaciones pagados a los operadores de maquinaria y a los trabajadores de la línea de montaje, lo que convierten los materiales directos adquiridos en productos terminados.

- Los **costos indirectos de fabricación** son todos los valores que se relacionan con el objetivo del costo (productos en proceso y después producto terminado), pero que no se pueden rastrear en ese objeto del costo de manera económico factible. Algunos ejemplos incluyen suministros, materiales indirectos como lubricantes, mano de obra indirecta de fabricación como el mantenimiento de la planta y la limpieza, el alquiler de las instalaciones, el seguro de la fábrica, los impuestos sobre el predio, la depreciación de la planta y la remuneración de los gerentes de la empresa. A esta categoría de costos también se le conoce como gastos indirectos de fabricación o costos indirectos de fabricación.
- El **objetivo del costo** se define como todo aquello para lo que sea necesaria una medida de costos. Entre estas medidas citaremos a la producción de un bien o servicio o, en particular, una parte significativa del proceso que se pretende controlar.

2. Asignación de costos

Los costos clasificados como directos se incorporan al importe del producto en la parte de los procesos en los cuales se incurren, mientras que los costos indirectos se asignarán al costo por distribución sobre bases razonables y representativas previamente definidas de estos costos con relación a su participación en el proceso de transformación de un producto o en la prestación de un servicio.

2.1. Costos directos

Los costos directos de un producto se dividen en costos de materiales directos y de mano de obra directa. Normalmente, estos dos elementos se pueden determinar con facilidad y exactitud. No se asigna al producto ninguno de estos costos de forma arbitraria, debido a la cantidad de material y de mano de obra que interviene en la producción se puede medir y determinar. Se dice que estos costos relacionados con un objeto de costos son los

que pueden rastrearse de manera económicamente factible.

Estos dos primeros elementos se denominan como costos primos.

2.2. Costos indirectos

Un tercer elemento del costo de producción son los denominados costos indirectos de fabricación o gastos generales de fabricación. Son todos los costos de producción que no sean debidos a materiales directos y mano de obra directa, pero pueden incorporar estos conceptos de manera indirecta, caso en el cual estamos hablando de materiales indirectos y mano de obra indirecta.

A parte de los indicados costos indirectos, se incluyen los gastos generales de fabricación como los de alquiler, seguros y depreciaciones de las instalaciones y maquinarias. También se incluyen otros gastos como la luz, la calefacción, los impuestos municipales o centrales.

Los costos indirectos si bien se relacionan con un objeto del costo en particular, no pueden rastrearse a ese objeto de modo económicamente factible (efectiva en cuanto a costos se refiere).

3. Patrones de comportamiento del costo

Los sistemas de costos registran el costo de los recursos adquiridos, tales como materiales, mano de obra y equipo, e identifican cómo se utilizan esos recursos para producir y vender productos y servicios.

El registro de los costos de los recursos destinados a la producción permite a los gerentes darse cuenta del comportamiento de los costos. Dos tipos básicos del comportamiento de los costos están en muchos sistemas contables: costos variables y fijos.

Los costos se definen como variables o fijos respecto de una actividad específica y por un período determinado.

3.1. Costos variables

Un costo variable es aquel que cambia en total en proporción a los cambios en el nivel relacionado con el volumen o la actividad total. Regularmente, estos costos están muy ligados al proceso principal de producción y se incurren en función de ciertos indicadores de los materiales o mano de obra para una unidad de producción.

3.2. Costos fijos

Un costo fijo es aquel que permanece sin cambios en total por un período dado, pese a los grandes

cambios en el nivel relacionado de actividad o volúmenes totales. Son costos relacionados con las actividades que proporcionan el soporte al proceso de producción.

4. Centros de responsabilidad (centros de costos)

Los centros de responsabilidad, o centros de costos, son recolectores y acumuladores de costos de un determinado departamento o actividad, sea que se encuentren directamente relacionados con el proceso de producción (costos directos), o en las actividades complementarias o de soporte (gastos de fabricación).

Los centros de costos, desde la perspectiva de la contabilidad de costos, acumulan los costos y constituyen la base del Sistema de costeo por procesos, que se explica más adelante. En esta aplicación de costeo, los costos acumulados de un departamento o actividad pasan al siguiente departamento o proceso, que se encargan de la acumulación de sus costos para entregarlos acopiados a un tercer departamento o actividad, y así sucesivamente hasta culminar el proceso integral de producción.

Desde un enfoque de la responsabilidad o la gestión de un departamento o actividad determinada, los centros de costos ayudan en el control de los costos presupuestados en comparación con los costos reales.

5. Costos totales y unitarios

Los costos totales están representados por la cantidad de una unidad monetaria elegida como base de medición, que se ha acumulado hasta completar una actividad, subproceso o proceso, que se requiera conocer de acuerdo a cómo esté distribuido el proceso físico de transformación del producto. Es decir, la suma de los factores de producción expresados en una moneda homogénea.

Por ejemplo, se pueden determinar costos totales cuando se ha logrado una meta de producción en un período determinado, acoplando los costos directos o indirectos. Luego si asociamos la cantidad de un producto, se reúnen los dos elementos que permitirán el cálculo del costo unitario de una unidad producida, aplicando una fórmula de cálculo simple, que consiste en la división del costo total entre la cantidad de unidades producidas relacionadas y estos costos.

Los costos unitarios por lo general se emplean para la fijación de precios de venta de cada unidad producida, en la cual se incluye una porción de rentabilidad.

6. Estados financieros, costos inventariables y costo del período

Es necesario distinguir entre los costos inventariables y los costos del período para los efectos de la presentación de informes financieros en los sectores económicos de manufactura, comercialización o servicios.

Los costos inventariables son todos los valores de un producto que se considera activo en un Estado de situación financiera al incurrir en ellos y se convierten en costo de la mercancía vendida cuando se vende el producto. Es decir, la acumulación de los costos de un producto vendible posteriormente, se presentará como un costo inventariable, sea que se encuentre en proceso y/o terminado y en condiciones para la venta.

Por su parte, los costos del período son todos los que aparecen en el Estado de resultados y son distintos al costo de la mercancía vendida. Los costos del período se tratan como gastos del período contable en el que se efectuaron porque se espera que beneficien los ingresos en ese período y no en períodos futuros. Al llevar a gastos esos costos en el período en que se incurren en ellos, es posible comparar los gastos con los ingresos.

7. Sistemas de costeo

7.1. Por órdenes

En este sistema, el objeto del costo es una unidad o múltiples unidades de un producto o servicio llamado trabajo. Cada trabajo utiliza una cantidad diferente de recursos.

Existen siete pasos para asignar costos a un trabajo, sea en cualquier sector que se aplique: manufactura, comercialización o servicios:

- **Identificar el trabajo que es el objeto del costo elegido.** Este paso involucra la creación de una orden de trabajo para un producto o servicio que se requiera para asignar costos.
- **Identificar los costos directos del trabajo.** En general se relacionan como costos directos a los materiales directos y la mano de obra directa de fabricación del producto o la prestación de los servicios según sea el caso.
- **Seleccionar las bases de asignación del costo** que se utilizarán para asignar los costos indirectos del trabajo. Los costos indirectos de fabricación son los necesarios para realizar un trabajo, pero que no puede rastrearse en un trabajo específico. Estos costos deben asignarse a todos trabajos de manera sistemática, para lo cual es usual emplear múltiples bases de asignación debido a que diferentes costos indirectos tienen diversas causantes del costo. Por ello resulta importante la selección apropiada de las bases de asignación más representativas.

- **Identificar los costos indirectos relacionados con cada base de asignación del costo a** efectos de emplear las bases representativas de asignación de los costos, se requiere la identificación de los costos indirectos incurridos que pueden ser mano de obra indirecta, electricidad, depreciación, entre otros.
- **Calcular la tasa unitaria** de cada base de asignación del costo que se asignan los costos indirectos al trabajo.
- **Calcular los costos indirectos** asignados a los trabajos.
- **Calcular el costo total del trabajo** al sumar todos los costos directos e indirectos asignados al trabajo. Considerando que en el paso 2 ya se identificaron y acumularon los costos directos, y luego de la asignación de los costos indirectos estamos en condiciones de determinar los costos totales.

7.2. Por procesos

En un sistema de costos por procesos, los costos unitarios de un producto o servicio se obtienen asignando los costos totales a muchas unidades idénticas o similares. En un ambiente de fabricación de costeo por procesos, cada unidad recibe las mismas cantidades o cantidades similares de costos de materiales directos, costo de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. Los costos unitarios se calculan entonces dividiendo los costos totales en que se incurrió entre el número de unidades de producción resultantes del proceso de fabricación.

El sistema de costos por procesos comprende un enfoque hacia la acumulación de costos que incluye los siguientes pasos:

- Primero, los costos se acumulan por o se cargan a centro de costos, procesos, o departamentos, durante un período, en lugar de cargarlos en forma directa a trabajos específicos o lotes de productos que está siendo producidos, tal como se hace en el sistema de órdenes de trabajo.
- Los costos por unidad de producto se derivan mediante la división de los costos en cada centro de proceso entre las unidades equivalentes de producción. El desarrollo de esa unidad equivalente de medida por lo general representa la conversión de las unidades de insumos de varios artículos como galones (litros) libras, (kilogramos) o pies (metros) a una unidad final de la medición de la producción.
- Existe la tendencia de que los informes del funcionamiento se hagan por procesos en lo relacionado con el transcurso del tiempo, o sea, en forma diaria, semanal o mensual.
- Los costos de producción para un período se explican entonces en relación con la producción del período.

8. Costeo estándar

El sistema de costos estándar es una técnica que se ubica en las etapas de planeación, coordinación y control del proceso administrativo. Se entiende que el término estándar se refiere al mejor método, la mejor condición o el mejor conjunto de detalles que se pueden idear en un momento determinado, tomando en consideración todos los factores restrictivos. Es decir, el estándar constituye la medida desde la cual un producto o la operación de un proceso debe realizarse con el mayor grado de eficiencia.

El sistema de costos estándar se puede utilizar con un sistema de costos por órdenes de producción o con un sistema de costos por procesos.

Los costos estándar con costos predeterminados que indican lo que, según la empresa, debe costar un producto a la operación de un proceso durante cierto período de costos, sobre la base de ciertas condiciones de eficiencia, condiciones económicas y otros factores propios de la empresa.

Algunos beneficios por obtener usando los costos estándar:

- Contar con una información más oportuna e incluso anticipada de los costos de producción.
- Implican una planeación previa de producción, la cual considera qué productos se hará, cómo, dónde, cuándo y cuánto.
- Facilitan la formulación de los presupuestos de la empresa y la vigilancia posterior de los mismos en forma sistemática.
- Facilitan la planeación inteligente de las operaciones futuras, tales como la producción de nuevos artículos, la supresión de otros, la mecanización de nuevos procesos, etcétera.
- Son un patrón de medida de lo realizado, por lo que las desviaciones son llamadas de atención que señalan a los responsables y permiten conocer cuánto y por qué ocurren estas diferencias y así corregir oportunamente las fallas o defectos observados.
- Contribuye a mejorar los aspectos operativos y financieros de la empresa, propiciando el ingreso a procesos de mejora continua.
- Es muy útil para la dirección de la empresa respecto a la información que proporciona, lo cual le permite efectuar una mejor toma de decisiones.

El área de costos coordina la información proveniente de todas las áreas involucradas y se responsabiliza de calcular los costos estándar por unidad de producto terminado, elaborando una hoja de costos estándar para cada producto y considerando el estudio de cada uno de los elementos del costo de producción.

9. Costeo de productos conjuntos y subproductos

Los costos conjuntos son los importes de un proceso de producción que origina múltiples productos de manera simultánea. Considere el caso de las minas polimetálicas que pueden producir varios concentrados o refinados, así como contenidos de otros metales en los concentrados.

En general si nos referimos a las industrias extractivas, podemos tener las siguientes referencias:

Industria	Productos conjuntos o separables
Carbón	Coque, gas, benceno, alquitrán y amoníaco
Minerales de cobre	Cobre, plata, plomo, zinc
Petróleo	Petróleo crudo, gas natural, gas licuado
Sal	Hidrógeno, cloro, soda cáustica

En este escenario, los productos finales de un proceso de producción conjunto se pueden clasificar en dos categorías generales: I) productos que tienen un valor positivo de ventas y II) productos que poseen valor de venta cero.

Cuando un proceso de producción conjunto genera un producto que tiene valor total de ventas alto, en comparación con los valores totales de otros productos del proceso, ese producto recibe el nombre de **producto principal**. Cuando un proceso de producción conjunto crea dos o más productos que poseen altos valores totales de venta en comparación con los valores totales de ventas de otros productos, si es que hay algunos, estos se denominan **coproductos**. Los productos resultantes de un proceso de producción conjunto que tienen bajos valores de ventas al compararlos con el valor de ventas del producto principal o de los **coproductos** reciben el nombre de **subproductos**.

Algunos de los contextos que requieren de la asignación de los costos conjuntos a productos o servicios individuales son:

- El cálculo de los costos inventariables y del costo de la mercancía vendida para propósitos de contabilidad financiera y presentación de informes a las autoridades fiscales. Estos mismos pueden ser necesarios para propósitos internos, tales como informes de análisis de rentabilidad de las divisiones de negocio.
- Los reembolsos de costos de compañías en las que algunos de sus productos o servicios, pero no todos, son reembolsables bajo contratos de costos más margen de utilidad.

- Cálculos de liquidación de seguros por reclamaciones de daños realizadas sobre la base de la información de costos de productos elaborados en forma conjunta.
- Regulación de las tasas de uno o más de los productos o servicios de producidos en forma conjunta que están sujetos a regulaciones de precio.

Por lo general se usan dos enfoques para asignar los costos conjuntos:

- **Enfoque 1:** Asignar los costos conjuntos usando datos basados en el mercado, tales como los ingresos, entre los cuales podemos distinguir: I) Método del valor de ventas en el punto de separación, II) método del valor neto de realización (VNR) y III) método del porcentaje constante de margen bruto del VNR.
- **Enfoque 2:** Asignar los costos conjuntos usando medidas físicas, tales como el peso, o el volumen.

En el capítulo 5 se podrá apreciar de manera práctica cómo se aplica el enfoque indicado en una operación minera.

10. Alcances de la NIC2 Inventarios

Esta norma prescribe el tratamiento contable de los inventarios y suministra una guía práctica para la determinación del costo de los inventarios que debe reconocerse como un activo, para que sea diferido hasta que los ingresos correspondientes sean reconocidos, incluyendo también cualquier deterioro que rebaje el importe en libros al valor neto realizable.

También ofrece directrices sobre las fórmulas del costo que se emplean para atribuir costos a los inventarios.

Las principales definiciones o lineamientos de la NIC 2 que se destacan para el presente manual son las siguientes:

Inventarios son activos: (a) poseídos para ser vendidos en el curso normal de la operación; (b) en proceso de producción con vistas a esa venta; o (c) en forma de materiales o suministros, para ser consumidos en el proceso de producción, o en la prestación de servicios.

Costo de los inventarios

Comprende a todos los costos derivados de su adquisición y transformación, así como otros costos en los que se haya incurrido para darles su condición y ubicación actuales.

Costos de adquisición

El costo de adquisición de los inventarios comprende el precio de compra, los aranceles de importación

y otros impuestos (que no sean recuperables posteriormente de las autoridades fiscales), los transportes, el almacenamiento y otros costos directamente atribuibles a la adquisición de las mercaderías, los materiales o los servicios. Los descuentos comerciales, las rebajas y otras partidas similares se deducirán para determinar el costo de adquisición.

Costos de transformación

Los costos de transformación de los inventarios comprenden aquellos costos directamente relacionados con las unidades producidas, tales como la mano de obra directa. También comprenderán una parte, calculada de forma sistemática, de los costos indirectos, variables o fijos, en los que se haya incurrido para transformar las materias primas en productos terminados. Son costos indirectos fijos los que permanecen relativamente constantes, con independencia del volumen de producción, tales como la depreciación y el mantenimiento de los edificios y equipos de la fábrica, así como el costo de gestión y administración de la planta. Son costos indirectos variables los que cambian directamente, o casi de forma directa, con el volumen de producción obtenida, tales como los materiales y la mano de obra indirecta.

Costo de producción en productos conjuntos o subproductos

En el caso de la producción conjunta o de la producción de productos principales junto a subproductos, se debe considerar que cuando los costos de transformación de cada tipo de producto no sean identificables por separado, se distribuirá el costo total, entre los productos, utilizando bases uniformes y racionales. La distribución puede basarse, por ejemplo, en el valor de mercado de cada producto, ya sea como producción en curso, en el momento en que los productos comienzan a identificarse por separado, o cuando se complete el proceso productivo.

Fórmulas de cálculo del costo

El costo de los inventarios se asignará utilizando los métodos de primera entrada, primera salida (*the first-in, first-out, FIFO*, por sus siglas en inglés) o costo promedio ponderado. Una entidad utilizará la misma fórmula de costo para todos los inventarios que tengan una naturaleza y uso similares. Para los inventarios con una naturaleza, o uso diferente, puede estar justificado el empleo de fórmulas de costo también diferentes.

La fórmula FIFO asume que los productos en inventarios comprados o producidos antes serán vendidos en primer lugar y, en consecuencia, que los productos que queden en la existencia final serán los fabricados o comprados más recientemente. Si se utiliza el método o la fórmula del costo promedio ponderado, el costo de cada unidad de producto

se determinará a partir del promedio ponderado del costo de los artículos similares, poseídos al principio del período, y del costo de los mismos artículos comprados o producidos durante el período. El promedio puede calcularse periódicamente o después de recibir cada envío adicional, dependiendo de las circunstancias de la entidad.

Valor neto realizable

El costo de los inventarios puede no ser recuperable en caso de que los mismos estén dañados, si han devenido parcial o totalmente obsoletos, o bien si sus precios de mercado han caído. Asimismo, el costo de los inventarios puede no ser recuperable si los costos estimados para su terminación o su venta han aumentado. La práctica de rebajar el saldo, hasta que el costo sea igual al valor neto realizable, es coherente con el punto de vista según el cual los activos no deben registrarse en libros por encima de los importes que se espera obtener por medio de su venta o uso.

Por lo común, la rebaja hasta alcanzar el valor neto realizable se calcula para cada partida de los inventarios. En algunas circunstancias, sin embargo, puede resultar apropiado la agrupación de partidas similares o relacionadas. Este puede ser el caso de las partidas de inventarios relacionados con la misma línea de productos, que tienen propósitos o usos finales similares, se producen y venden en la misma área geográfica y no pueden ser, por razones prácticas, evaluados separadamente de otras partidas de la misma línea.

Las estimaciones del valor neto realizable se basarán en la información más fiable de que se disponga, en el momento de hacerlas, acerca del importe por el que se espera realizar los inventarios. Estas estimaciones tendrán en consideración las fluctuaciones de precios o costos relacionados directamente con los hechos posteriores al cierre, en la medida en que esos hechos confirmen condiciones existentes al final del período.

Se efectuará una nueva evaluación del valor neto realizable en cada período posterior. Cuando las circunstancias, que previamente causaron la rebaja, hayan dejado de existir, o cuando exista una clara evidencia de un incremento en el valor neto

realizable como consecuencia de un cambio en las circunstancias económicas, se revertirá su importe, de manera que el nuevo valor contable sea el menor entre el costo y el valor neto realizable revisado. Esto ocurrirá, por ejemplo, cuando un artículo en existencia, que se lleva al valor neto realizable porque ha bajado su precio de venta, está todavía en inventario de un período posterior y su precio de venta se ha incrementado.

Reconocimiento como un gasto

Cuando los inventarios sean vendidos, el importe en libros de aquellos se reconocerá como el gasto del período en el que se reconozcan los correspondientes ingresos de operación. El importe de cualquier rebaja de valor, hasta alcanzar el valor neto realizable, así como todas las demás pérdidas en los inventarios, será reconocido en el período en que ocurra la rebaja o la pérdida. El importe de cualquier reversión de la rebaja de valor que resulte de un incremento en el valor neto realizable, se reconocerá como una reducción en el valor de los inventarios que hayan sido reconocidos como gasto, durante el período en que ocurra la recuperación del valor.

11. Visión de los costos en minería

La aplicación del marco teórico resumido con anterioridad a las operaciones productivas de una empresa minera se puede combinar o complementar con la visualización de costos con enfoques u objetivos distintos, dependiendo de la organización del management de la empresa o las necesidades de los gestores de costos.

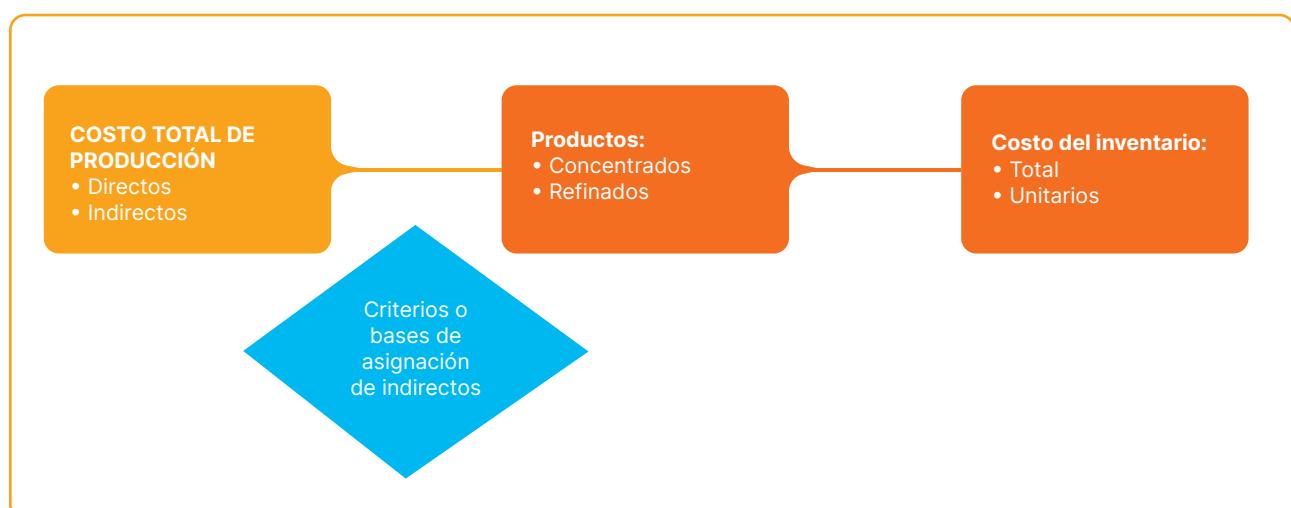
En ese sentido, la visión puede ser con un enfoque en la operación productiva (operadores mineros), la asignación del costo a los productos mineros (contable) o una visión estratégica gerencial cuando la evaluación se ejecuta a nivel de costos por metal (cash cost a metal equivalente).

Las siguientes gráficas nos ayudarán a complementar lo indicado en el párrafo anterior: **Ver esquema 1.**

ESQUEMA 1: Costos con enfoque en operación - Opex

En este caso, el objetivo y foco del costo está dado al determinar y gestionar el indicador de costos, basado en los costos totales respecto a las unidades físicas de la operación que pueden ser toneladas de mineral extraídas de mina o tratadas en la planta

concentrador. Este mismo indicador se puede disponer para los procesos independientes como el de minado, concentración, etcétera, así como de cada una de las actividades que conforman o se desarrollan en cada proceso. *Ver esquema 2.*

ESQUEMA 2: Costos con enfoque el costo de los productos - Inventarios contables

Tras haber determinado el costo de producción (Opex) y la evaluación de los costos a nivel operativo, corresponde o se requiere “convertir” este costo en el de los inventarios de los productos mineros que se incorporan al estado de situación financiera y, posteriormente, al estado de resultados cuando los concentrados son vendidos. Ante esto, el objetivo es la asignación de los costos a los productos, que se conoce como “costeo contable”,

y determinar luego los márgenes brutos de utilidad que se generan por los ingresos obtenidos en la venta de estos.

Costo a metálico o equivalente del producto principal. Visión económica

Siguiendo la metodología de cash cost, que se desarrolló en la sección 5 del capítulo 1, tenemos el siguiente resumen:

Desglose de costos C1, C2 y C3.



* Según corresponda al tipo de producto de la operación
 Fuente: elaboración propia en base a información de Wood Mackenzie

El costo total a niveles C1, C2 y C3, al dividirlo entre la cantidad de metal fino pagable (toneladas, libras onzas) representativo o elegido para el análisis, se puede determinar el costo a nivel de metal o equivalente, con lo cual resulta factible comparar con el precio de cotización internacional, que es el que generará el ingreso. Esto significa un acercamiento al mercado de metales para disponer los márgenes unitarios a nivel de metal, puntos de equilibrio, mejoras de los procesos de producción de metales (leyes de cabeza o recuperaciones metalúrgicas), optimización de costos operativos, entre otros aspectos. En este caso, el objetivo y la visión de costos es con un enfoque económico y estratégico a nivel gerencial.



SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA



Capítulo 3

El proceso minero y sus costos relacionados



SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.
首钢秘鲁铁矿股份有限公司



En Shougang Hierro Perú reafirmamos nuestro compromiso social con las comunidades locales, colaboradores y la sociedad, promoviendo prácticas sostenibles y altos estándares de eficiencia operativa, seguridad y cumplimiento medio ambiental en nuestras operaciones y proyectos.

Inversión Privada – Construcción de Nuevo Muelle

La Construcción del Nuevo Muelle de Shougang Hierro Perú, en la Bahía de San Nicolás, tendrá una inversión de USD247 millones, con una capacidad para atender naves de hasta 200,000 DWT (en el lado interior) y hasta 300,000 DWT (en el lado exterior), con el objetivo de exportar como mínimo, 27.5 millones de toneladas anuales.



LA MINERÍA FORMAL MÁS CERCA DE LA GENTE.

CONOCE SUS HISTORIAS Y SU IMPACTO EN EL DESARROLLO DEL PAÍS.

Una manera de hacer minería,
Una manera de hacer Perú.

Síguenos en nuestras redes:



@mineriadetodos

Capítulo 3

El proceso minero y sus costos relacionados

En este capítulo se explicará de manera breve los procesos de explotación minera tales como minado, concentración, lixiviación y extracción por solventes, fundición y refinación, identificando dentro de cada uno las principales actividades que se desarrollan, los recursos que demandan y costos asociados.

Realizar los procesos mineros antes indicados, implica la ejecución de actividades para la extracción del mineral, su transformación a la forma de concentrados en las plantas de beneficio, la producción de metales refinados mediante lixiviación EW, fundición y refinería.

En adelante se explicará de manera breve las actividades relevantes de los procesos mineros, identificando los principales recursos (materiales, equipos, servicios) necesarios para su ejecución y luego los principales indicadores o medidas de costo que se gestionan.

MÉTODOS DE EXPLORACIÓN

Los procesos mineros son un conjunto de actividades sistemáticas que se efectúan para extraer minerales de un yacimiento. Para lograrlo, la minería se apoya en sistemas, procesos y equipos que operan de forma organizada y rutinaria.

Existen dos métodos principales para la extracción de mineral:

- Explotación a cielo abierto
- Explotación subterránea

La selección del método de explotación es esencialmente una decisión técnica y económica. Esta decisión está definida por las características del yacimiento, el monto de la inversión que se hará y la rentabilidad que se espera obtener.

Los principales factores por considerar son:

- Ubicación y topografía del terreno
- Tamaño, forma y profundidad del cuerpo mineralizado
- Tipo y distribución de mineral
- Características del macizo rocoso
- Factores tecnológicos disponibles
- Factores medioambientales y de seguridad

La minería a tajo abierto se caracteriza por ser una actividad de explotación y extracción superficial de grandes volúmenes de material (mineral/desmonte) que se deben mover. Se utiliza maquinaria pesada para remover el terreno que recubre el yacimiento, determinando la relación del material estéril/mineral con buena ley. Esta relación condiciona la viabilidad económica de las explotaciones y, en consecuencia, la profundidad que es posible alcanzar por minería superficial. Por lo indicado, el costo de extracción de mineral es causado por el movimiento de material que contiene mineral, el cual se transporta a la planta concentradora para su procesamiento, el mineral de baja ley a depósitos especiales y el desmonte a los botaderos.

La minería subterránea se caracteriza por ser una actividad de explotación y extracción de mineral que se realiza por debajo de la superficie de la tierra, para lo cual se tiene que cavar túneles y galerías de acceso con el fin de acceder a las zonas de explotación. Este método es ideal cuando el mineral se encuentra a gran profundidad, donde la minería a cielo abierto ya no resulta viable económicamente.

1. Proceso de minado a cielo abierto

1.1. Exploración y desarrollo de la mina

Esta actividad es desarrollada por el área de Geología e Ingeniería de mina.

El área de Geología prepara un plan de exploración de la zona que se explotará para conocer los contenidos metálicos del yacimiento. Este plan se basa en las inferencias y los resultados de estimaciones geológicas previas. El equipo de exploraciones se traslada al lugar que se explotará para realizar perforaciones y obtener muestras representativas cada cierta distancia indicada en el plan y según el método de perforación. Las muestras se clasifican para su análisis químico, los resultados del laboratorio se cargan a un software especializado para el modelamiento del yacimiento, se determinan las leyes de mineral (el porcentaje de metal valioso) y tonelajes (la cantidad del material) de la zona mineralizada. La estimación es aprobada y los resultados son entregados a Ingeniería de mina.

Ingeniería de mina elabora los planes de minado, el diseño de rutas de acarreo del mineral y los depósitos donde se colocará el desmonte (material estéril). Este plan es entregado al área de operaciones de mina para la ejecución de las actividades posteriores de perforación y voladura, carguío y acarreo.

1.2. Perforación y voladura

1.2.1. Descripción de la actividad

La perforación consiste en seleccionar el polígono que se perforará, seleccionar el patrón de perforación óptimo, se dibuja en un plano la secuencia o ruta de la perforadora para horadar los taladros (huecos cilíndricos destinados a alojar o colocar explosivos y sus accesorios en su interior). En esta actividad se emplean equipos especializados denominados perforadoras rotativas, los cuales utilizan barrenos de gran diámetro y profundidad, adecuados para operaciones de gran escala. Una vez completada la perforación, el terreno es entregado para la voladura.

La voladura consiste en cargar los explosivos dentro de los taladros y luego se tapa con los mismos detritus de la perforación, como explosivo usualmente se utiliza anfo (mezcla de nitrato de amonio y petróleo diésel), que remueve grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños. Es frecuente que, luego de la evaluación del tamaño de las rocas (granulometría) que dejó la voladura principal, se requiera efectuar como complemento una voladura denominada secundaria, con la finalidad de fragmentar el

tamaño requerido para su procesamiento en planta (chancado) o reducir el tamaño de bloques que dificultan la operación de maquinarias en mina (carguío o acarreo).

El disparo (blasting) es la liberación de energía producto de una reacción química con explosivos, con el fin de fragmentar el macizo rocoso para la posterior extracción, transporte y procesamiento del mineral.

Debido a su alto costo y consumo de los materiales, será necesario mantener estadísticas de las unidades utilizadas en el proceso productivo.

1.2.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos asociados al proceso de perforación y de voladura pueden ser significativos y representan una parte importante del costo total de la explotación.

Estos costos se componen de varios factores, incluyendo el costo de los equipos de perforación, materiales como explosivos, mano de obra y servicios diversos. **Ver cuadro 1.**

1.2.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costo en perforación y voladura en explotación a cielo abierto son parámetros que evalúan la eficiencia, la disponibilidad y el impacto en la productividad de estas actividades. Se utilizan para identificar desvíos respecto al plan y optimizar el costo de las actividades de perforación y voladura. **Ver cuadro 2.**

CUADRO 1

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Perforadora rotativa	Horas equipo	Explosivo nitrato de amonio	Kg	Energía	Kwh
Repuestos críticos	Und	Explosivo emulsión	Kg		
Nro. Operadores	Horas	Combustible diésel 2	Gln		

CUADRO 2

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Perf. y Vol. (\$ / t material) perforado y volado	\$/t	\$/ Equipo Perf. y Vol.	\$/Und	Galón Combustible / Hora Máquina	Gln	Kwh/t	Kwh
5t desmonte / 1t mineral	%	\$/ Hora Máquina	\$/HM	\$/ Gln	\$/Und	\$/Kwh energía	\$/Und
t perf. y vol. /Hora	t/H	\$/ Hora Hombre	\$/HH	Kg Explosivo / t material	Kg/t material	\$ Servicios / t material perf. y volad.	\$/t
Cumplimiento Programa	%	Disponibilidad Flota	%	\$/ Kg Explosivo	\$/Und		

Con un enfoque en el costo agregado de estas actividades, los indicadores generales son los costos unitarios en la unidad de medida en que estas se desarrollan y contribuyen con el proceso minero. Así tenemos:

- Costo por metro de perforación: US\$/metros perforados
- Costo por tonelada volada: US\$/toneladas voladas

1.3. Carguío

1.3.1. Descripción de la actividad

En la minería a cielo abierto, el carguío está referido a la extracción del material (mineral o desmonte) desde el frente de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de transporte a fin de trasladarlo hacia la planta de procesamiento y/o canchas-botaderos, como puntos intermedios. Esta actividad requiere de equipos con gran capacidad, tales como palas eléctricas o diésel y cargadores frontales, para cargar el material a los volquetes o, en otros casos, a las tolvas de ferrocarril.

Principales equipos:

- Palas hidráulicas o eléctricas: Mueven grandes cantidades de material (mineral y estéril).
- Cargadores frontales: Mueven grandes cantidades de material (mineral y estéril), en comparación con las palas de carguío son de menor valor, mayor movilidad y selectividad.

1.3.2. Recursos y elementos de costos significativos

El carguío en la explotación minera a cielo abierto requiere de recursos y altos costos. Estos costos se deben a la utilización de maquinaria pesada, alta demanda de energía y personal especializado. La tecnología es pilar importante para la búsqueda de optimizar los procesos de carguío.

Los principales recursos involucrados son:

- Equipos de carguío: Palas eléctricas o hidráulicas, cargadores frontales, excavadoras hidráulicas, para mover y cargar el material en piso luego de la voladura.
- Mantenimiento de equipos: El mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) de estos equipos es costoso y requiere de personal técnico altamente especializado.
- Personal: Se necesita personal capacitado para garantizar la operación segura, eficiente y alineada a estándares de productividad y seguridad minera.
- Energía y combustible: Los equipos pesados demandan altos volúmenes de energía eléctrica (en el caso de palas eléctricas) o de combustibles diésel (palas hidráulicas y cargadores frontales). Este consumo representa un porcentaje relevante en el costo operativo. *Ver cuadro 3.*

1.3.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores clave de desempeño (KPI) nos permiten medir la eficiencia, productividad y costo unitario de la operación de carguío en relación con los objetivos específicos. Estos KPI ayudan a identificar áreas de mejora y a optimizar la eficiencia de la operación. Entre los principales indicadores de utilización física y costos tenemos: *Ver cuadro 4.*

1.4. Acarreo

1.4.1. Descripción de la actividad

El acarreo comprende el transporte del material (mineral o desmonte), producido en el tajo/mina (*open pit*) desde la zona de explotación hacia los diferentes destinos establecidos en el plan de minado.

De acuerdo con la naturaleza del material y su valor económico, los destinos principales son:

- El mineral económico, por su contenido metálico de alta ley, explotable, es trasladado a la chancadora primaria.
- El mineral marginal, por su contenido metálico de baja ley, se almacena en espacios denominados botaderos, desmonteras, para que en un futuro se pueda recuperar su contenido metálico, de acuerdo con la tecnología y las condiciones económicas de su explotación.
- El material estéril (desmonte) se transporta hacia las desmonteras o botaderos de estéril.

El transporte de los minerales se realiza empleando los siguientes equipos:

- Camiones mineros, volquetes.
- Vagones de ferrocarril.
- Fajas transportadoras para distancias intermedias
- Transporte combinado, el material viene en volquete a tren mediante embarcaderos llamados docks o hopers.

1.4.2. Recursos y elementos de costos significativos:

- Combustible
- Neumáticos (llantas)
- Repuestos y componentes mecánicos.
- Horas/máquina (palas, cargadores frontales, camiones, ferrocarril)
- Horas/hombre (operadores de equipos pesados)

1.4.3 Indicadores de costos de la actividad:

Los principales indicadores claves de desempeño (KPI) de acarreo permitirán la optimización de la eficiencia de la operación. Entre los principales indicadores tenemos: *Ver cuadro 5.*

CUADRO 3

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Pala hidráulica o eléctrica	Horas equipo	Combustible diésel	Gln	Contratos de mantenimiento/Energía	Glb
Cargador frontal	Horas equipo	Consumibles	Und	Contrato de vías	Glb
Repuestos críticos	Und				
Nro. Operadores	Hora hombre				

CUADRO 4

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Carguío (\$ / t)	\$/t	\$ / Equipo Carguío	\$/Und	Galón Combustible / Hora Máquina	Gln/HM	Costo Mtto. \$/t movida	\$/t
Cumplimiento Programa	%	\$/ Hora Máquina, \$/ Hora Hombre	\$/HM \$/HH	\$/ Gln Combustible	\$/Gln	\$ Servicios /t movida	\$/t
		Ton movida / Hora	\$/H	Consumibles	\$/Und		
		Disponibilidad Mecánica	%				

CUADRO 5

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por tonelada transportada	US\$/t	Horas/máquina por tonelada transportada	h/t	Consumo de combustible por tonelada	gal/t	Mano de obra por tonelada transportada	hh/t
Costo por tonelada por kilómetro (t-km)	US\$/t-km	Disponibilidad mecánica de la flota	%	Combustible	\$/Gln	Costo de operación de Scoop o camión	US\$/h
Índice de utilización del equipo	%	Toneladas transportadas por hora (t/h)	t/h	Consumibles	\$/ud.		

1.5 Servicios auxiliares**1.5.1. Descripción de la actividad**

Comprende la operación de los equipos, instalaciones y operaciones que sirvan de apoyo en las actividades principales del ciclo minero (perforación, voladura, carguío y acarreo), como tractores motoniveladoras, cargadores frontales, grúas móviles, camionetas, camiones, tanques de agua, ómnibus, estaciones de servicios en el campo, centros de lubricación, lavanderías industriales, etcétera.

Los equipos e instalaciones de la mina son adecuadamente reparados por los diferentes talleres de mantenimiento existentes:

Wheelerzer: Son equipos para las labores de carguío, arreglo y limpieza de caminos, mantención de taludes, arreglo de patas de botaderos.

Cargador frontal menor: Son equipos para limpieza de caminos para circulación.

Camiones regadores: Son equipos que se utilizan para el regadío, arreglo y limpieza de caminos para circulación.

1.5.2. Recursos y elementos de costos significativos:

- Combustible
- Neumáticos (llantas)
- Repuestos mecánicos, lubricantes, y otros
- Horas/máquina de equipos auxiliares
- Horas/hombre (operadores de equipos auxiliares)
- Horas/hombre (operadores de mantenimiento)

1.5.3. Indicadores de costos de la actividad:

CUADRO 6

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por rehabilitación	US\$/t	Disponibilidad mecánica de la flota	h/t	Suministros específicos	Ud./t	Costo de operación de Scoop o camión	US\$/t
Costo por alquiler de equipos	US\$/t-km	Disponibilidad de equipos	t/h	Combustible	\$/Gln	Costo de alquiler	US\$/t km
Horas/hombre-supervisores	US\$/t	Horas/hombre	t/h		\$/HH	Mano de obra por tonelada transportada	hh/t

2. Minado subterráneo

2.1. Descripción de la actividad

La minería subterránea tiene por objetivo extraer mineral localizado a profundidades significativas bajo la superficie terrestre, para lo cual se requiere de una infraestructura necesaria basada en la construcción de túneles y galerías que posibilitan el acceso a los depósitos minerales.

En este proceso de extracción se desarrollan actividades esenciales similares o equivalentes a la explotación de cielo abierto, tales como perforación, voladura, carguío y acarreo, pero con las particularidades propias adecuadas del trabajo subterráneo, como la presentación del mineral, pudiendo ser en cuerpos mineralizados o vetas angostas y profundas, y los equipos e infraestructura necesarios. Sin embargo, la explotación subterránea implica el desarrollo de otras actividades como las exploraciones, los desarrollos, las preparaciones, sostentamiento, relleno o facilidades de apoyo a la actividad principal de extracción, entre ellos ventilación, bombeo de agua o servicios auxiliares.

Otra característica diferencial es que en la explotación subterránea se aplican diversas formas para la producción de mineral denominadas técnicamente Métodos de extracción o de minado, sustentados en las características del yacimiento de mineral y de las condiciones geológicas. Entre ellos podemos mencionar a los tajeos por subniveles (*Sublevel stoping*), cámaras y pilares, corte y relleno ascendente, tajos largos, hundimiento por subniveles o bloques, almacenamiento provisional (*Shrinkage stoping*).

En el presente manual no entraremos a la descripción o alcances técnicos de cada método de minado, pero es importante tenerlos en cuenta, puesto que los costos de operación y volúmenes de extracción son distintos y en una mina se puede

emplear más de un método, resultando de interés gestionar los costos por cada método de minado. Esto se verá con mayor amplitud en el capítulo 4, como parte del modelo de gestión de costos en un sistema de órdenes de producción.

Las minas subterráneas se pueden dividir en minas de roca dura y de roca blanda. Estas se diferencian básicamente por la necesidad del tipo de explosivos para romper la roca y acceder al mineral, planificando el método de minado adecuado, con las herramientas necesarias, que tiene un plan de trabajo operativo estratégico.

El minado subterráneo es un proceso altamente especializado que combina ingeniería, geología, operaciones y gestión de costos. Su éxito depende de la adecuada planificación del método de explotación, la infraestructura de soporte y el control integral de los costos de producción.

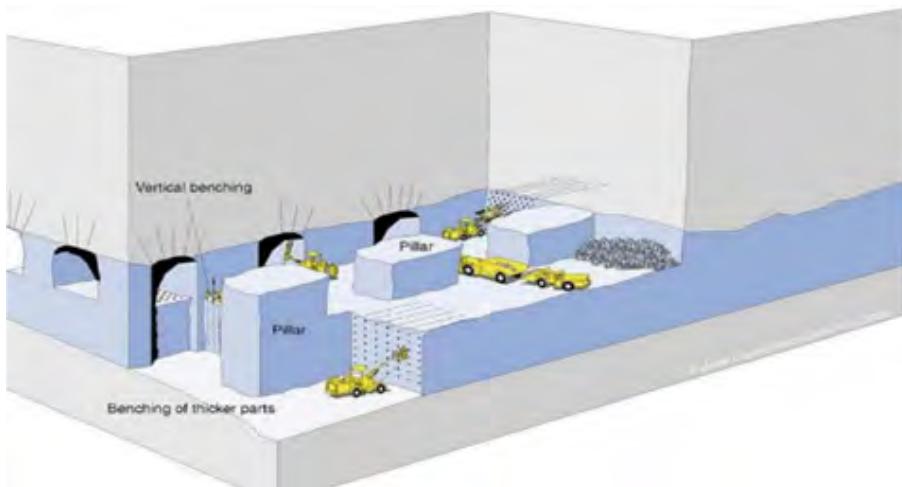
2.2. Métodos de explotación subterránea

El método depende de una serie de factores relacionados con la naturaleza del suelo y/o yacimiento minero, consideraciones técnico-económicas y condiciones operativas y de infraestructura.

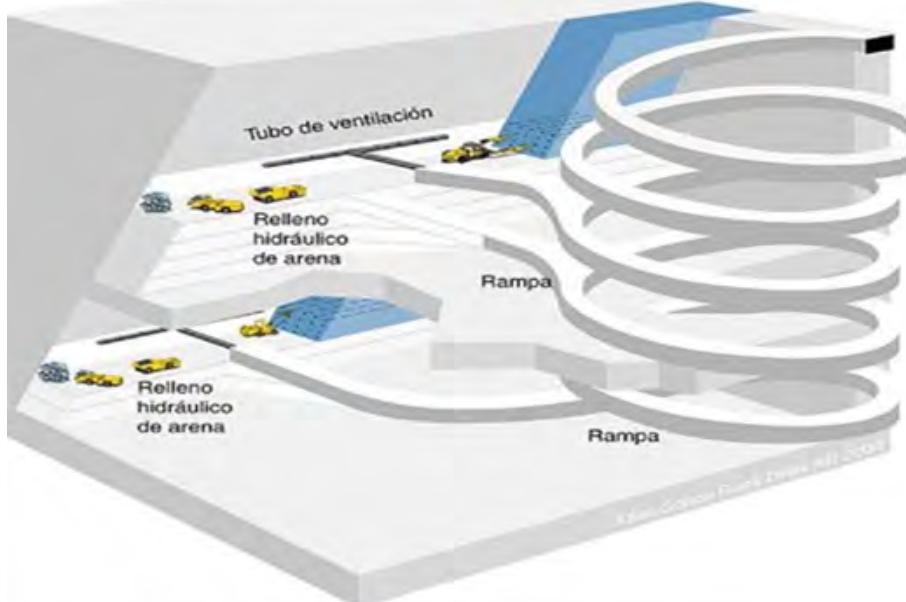
Los métodos subterráneos tradicionales se pueden clasificar en:

- Cámaras y pilares
- Realce por subniveles
- Cámara almacén
- Gradas de retroceso vertical (VCR)
- Corte y relleno
- Hundimiento por subniveles
- Hundimiento por bloques
- Explotación por tajos largos

Cámaras y pilares (room and pillar)



Explotación para corte y llenado



Fuente: *Atlas Copco Rock Drills AB, 2000*

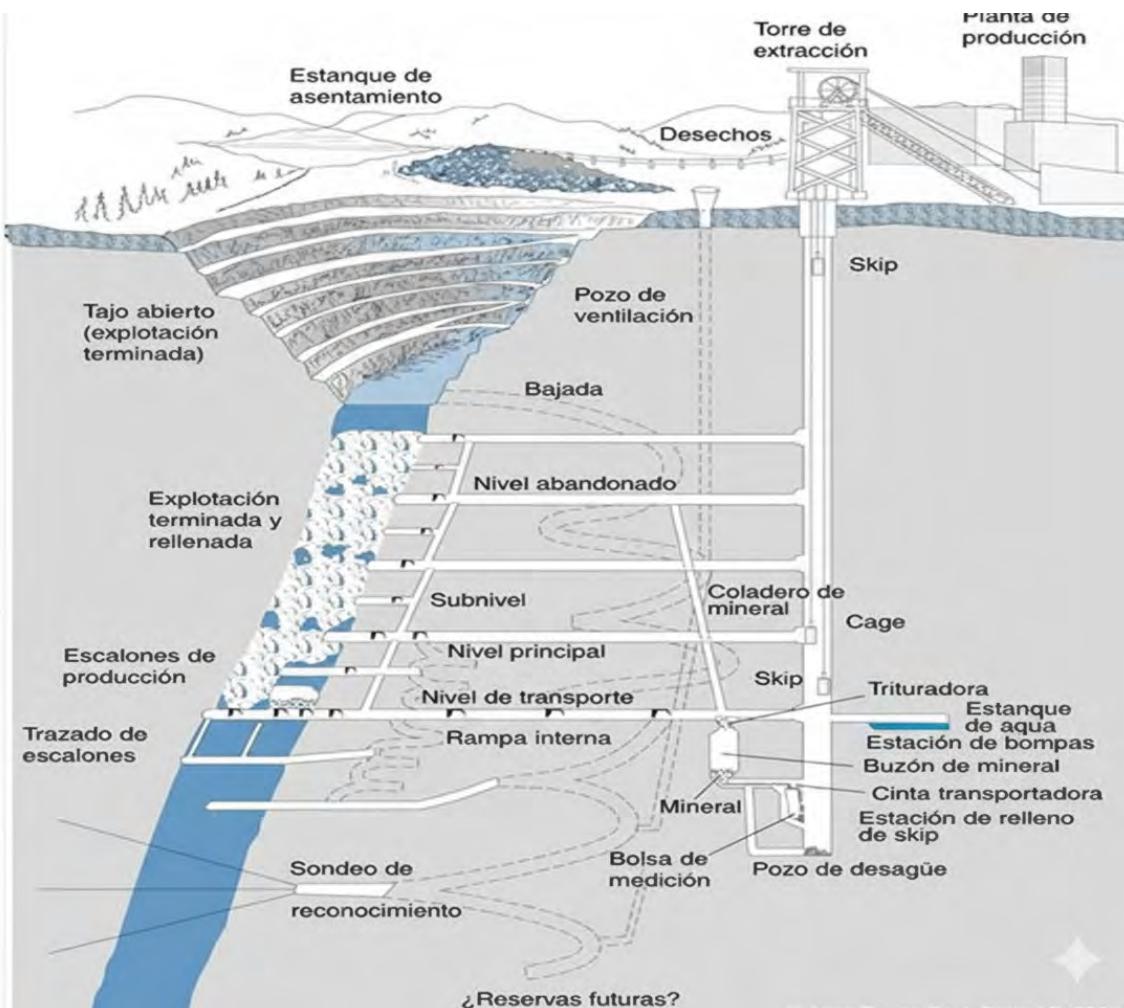
Las perforaciones deberán planificarse y distribuirse conforme a la metodología definida por el área operativa, considerando la geometría y el diseño de labor subterránea (túneles, piques o rampas). La voladura se realiza en una secuencia, que parte desde un punto central hacia los bordes. Culminada la voladura, se extrae el material fragmentado y se estabilizan las paredes y el techo de los túneles, con ese propósito se utiliza un relleno adecuado para cada tipo de terreno, que depende

de sus características y del uso que se le dará al túnel, pique o rampa. Entre cada programación de voladura, el sector tiene que ser ventilado y despejado siempre con los protocolos de seguridad.

A fin de evitar los derrumbes, las diferentes labores subterráneas tienen que ser sostenidas en el tiempo, con un programa que permita el tránsito en mina y el trabajo del personal con el uso adecuado de los equipos de seguridad. El objetivo del sostenimiento es

ayudar a que la roca recupere su capacidad de soporte. Entre los sistemas de sostenimiento más utilizados destacan pernos de anclaje, mallas metálicas, concreto lanzado (*shotcrete*), cuadros metálicos o de madera, y relleno cementado. La selección y la combinación de

estos métodos son definidas por el área operativa en coordinación con geomecánica, que tiene criterios de seguridad y eficiencia. Ver Fuente: *Atlas Copco Rock Drills AB, 2000*



Fuente: *Atlas Copco Rock Drills AB, 2000*

2.3. PROCESOS DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA

2.3.1. Exploración

2.3.1.1. Descripción de la actividad

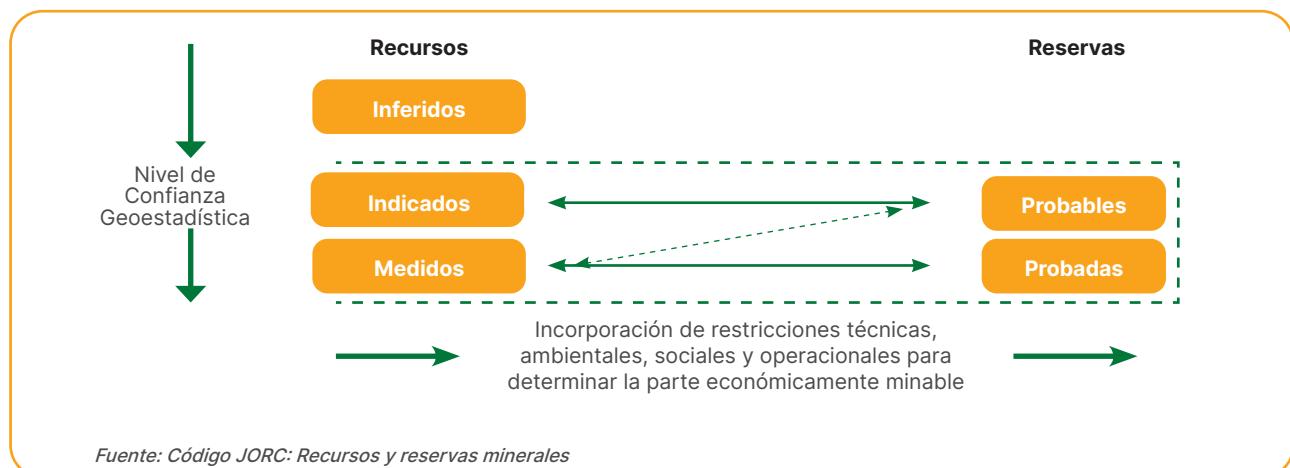
La exploración subterránea tiene por objetivo definir y cuantificar con precisión las características de un yacimiento localizado bajo la superficie terrestre. Por intermedio de esta actividad se busca precisar con detalle la posición, dimensiones, continuidad, calidad mineralógica y el contenido metálico de los cuerpos mineralizados, así como estimar sus reservas y recursos con criterios de viabilidad técnica

y económica. Ver Fuente: *Código JORC: Recursos y reservas minerales*

2.3.1.2. Recursos y elementos de costos significativos

- Combustibles y lubricantes
- Aceros de perforación
- Equipos de perforación
- Análisis y ensayos
- Horas/hombre (equipos)
- Ventilación y energía eléctrica

Recursos y reservas minerales

**2.3.1.3. Indicadores de costos de la actividad****CUADRO 7**

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Estudios topográficos, geológicos, consultorías	US\$/H	\$/ Hora/hombre	\$/HH	Servicios	US\$/hh	Costo de servicios	US\$/m
Análisis de muestras	US\$/t	Disponibilidad de equipos	%	Consumibles	\$/m	Costo de análisis	US\$/m
Trabajos de perforación	US\$/h	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	Combustible, equipos	\$/HM	Costo de brocas, consumibles	US\$/m

2.3.2. Desarrollo**2.3.2.1. Descripción de la actividad**

El desarrollo en una mina subterránea consiste en la construcción de accesos e infraestructura que posibilitarán llegar al cuerpo mineralizado para facilitar su explotación. Se construyen túneles, galerías, cruceros, chimeneas de ventilación, rampas, piques y conductos de ventilación para la explotación. Las actividades de desarrollo son reconocidas en su mayoría en el proceso como inversión (activo).

2.3.2.2. Recursos y elementos de costos significativos

- Combustibles y lubricantes
- Aceros y equipos de sostenimiento
- Aceros y equipos de perforación
- Explosivos y accesorios de voladura (anfo)
- Horas/hombre (equipos)
- Bombeo y drenaje de agua

2.3.2.3. Indicadores de costos de la actividad**CUADRO 8**

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por metro lineal desarrollado	US\$/m	Rendimiento de perforación Jumbo	m/h	Consumo de explosivo por metro de avance	kg/m	Costo de subniveles, cámaras, otros	US\$/m o US\$/m ²
Índice de avance diario	m/día	Disponibilidad mecánica	%	Combustible	\$/Gln	Mano de obra por metro desarrollado	hh/m
% de costos indirectos/ generales	%	Rendimiento del avance de disparo	m/ disparo	Consumibles	\$/ud.	Costo energético por metro desarrollado	US\$/m

2.3.3. Preparación

2.3.3.1. Descripción de la actividad

La actividad de preparación en la mina subterránea corresponde a las labores iniciales ejecutadas directamente en la zona mineralizada (accesos, galerías, sostenimiento inicial, chutes, etcétera), para la extracción del mineral de las zonas o secciones de trabajo en la veta o bloques de mineral, ya definido (plan mensual y/o anual de producción) por las áreas responsables de la operación.

2.3.3.2. Recursos y elementos de costos significativos

- Combustibles y lubricantes
- Aceros y equipos de sostenimiento
- Aceros y equipos de perforación
- Explosivos y accesorios de voladura (anfo)
- Horas/hombre (equipos)
- Consumibles para relleno
- Equipos de bombeo
- Energía eléctrica

2.3.3.3. Indicadores de costos de la actividad.

Ver cuadro 9

2.3.4. Explotación y extracción

2.3.4.1. Descripción de la actividad

La explotación y la extracción en mina subterránea comprenden las actividades de perforación, voladura, carga y transporte, sostenimiento y relleno. Estas son necesarias para el acceso y la explotación del recurso mineral, con el método de minado definido por las áreas de operación (Mina/ Planeamiento/ Producción) y cumpliendo los protocolos de seguridad.

Perforación

Tiene por objetivo abrir en la roca huecos cilíndricos para posteriormente alojar el explosivo principal y

sus accesorios iniciadores. Se realiza con distintos equipos y técnicas según el objetivo:

- Perforación manual (*jackleg*): Trabaja usando la energía del aire comprimido para la realización de huecos pequeños con los “barrenos” integrales que tienen una punta de cincel, la cual tritura la roca.
- Perforación mecanizada (*jumbos* o *simbas*): Por su versatilidad se puede mover en muchos algunos horizontales y verticales, se emplea más para la producción de mineral y utiliza energía eléctrica que se toma de un generador impulsado por grandes motores a diésel. Se usa una perforadora con un barreno helicoidal, que efectúa huecos o taladros de hasta 90 cm de longitud. Además de los equipos indicados, se emplean aceros de perforación como brocas y barrenos, zancos y acoples.

En minería subterránea se efectúan perforaciones de “banqueo” cuando se aplica la extracción de hundimiento por subniveles, de avance de galerías y túneles, infraestructura de chimeneas y piques y para los programas de producción. En esta gama de trabajos de perforación es fundamental distinguir y controlar los costos asociados para asignarlos correctamente al costo operativo (Opex) o las inversiones de capital (Capex).

Voladura

Consiste en cargar y detonar los taladros perforados para fragmentar la roca de manera controlada y eficiente.

Para esta actividad se emplean el anfo granulado y las emulsiones explosivas que componen la carga detonante, además de detonadores eléctricos y no eléctricos, cordón detonante.

Es importante cómo calcular el factor de carga, potencia y diseño de malla, lo que determina un “driver” de consumo de kilos de explosivo para el volado de determinada cantidad de material, dependiendo también del ancho de las vetas y las dimensiones de los cuerpos mineralizados (volumen del mineral).

CUADRO 9

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por metro lineal ejecutado	US\$/m	Rendimiento de perforación Jumbo	m/h	Consumo de explosivo por metro de avance	kg/m	Costo de sostenimiento por metro	US\$/m o US\$/m ²
Costo por laboreo (perforación, voladura, sostenimiento)	US\$/m	Rendimiento de equipos y contratas mineras	m/h	Servicios	US\$/hh	Costo de servicios	US\$/hh
Índice de avance diario	m/día	Disponibilidad mecánica	%	Consumibles	\$/Gln	Mano de obra por metro avance	hh/m
% de costos indirectos/ generales	%	Utilización	%	Consumibles	\$/ud	Costo energético por metro avance	US\$/m

2.3.4.2. Recursos y elementos de costos significativos

- Combustible, lubricantes y energía eléctrica
- Aceros de perforación
- Equipos de perforación y/o Servicio de perforación
- Explosivos y accesorios (anfo)
- Horas/hombre (equipos)
- Consumibles para relleno (sostenimiento)
- Ventilación y servicios auxiliares (ventiladores, ductos, sistemas de bombeo de agua, etcétera)

2.3.4.3. Indicadores de costos de la actividad

Ver cuadro 10

2.3.5. Transporte y manipuleo de minerales

2.3.5.1. Descripción de la actividad

El transporte y manipuleo de minerales se inicia en mina subterránea al culminar la voladura y la limpieza del frente. El material es cargado en los diferentes medios de transporte u otro tipo de equipo que se disponga, tal como se menciona a continuación:

Carguío primario:

- *Scooptrams (LHD, Load-Haul-Dump)*: equipos de bajo perfil, eléctricos o diésel, empleados para recoger la roca volada y trasladarla a tolvas, chutes, vagones o camiones.
- Palas neumáticas o cargadores frontales pequeños: usados en labores secundarias o con espacio reducido.

Transporte secundario:

- Camiones mineros de bajo perfil: diseñados para rampas y galerías, con capacidades entre 20 y 60 toneladas.
- Vagones ferroviarios subterráneos: impulsados por locomotoras eléctricas o a diésel, eficientes en galerías largas y con alto tonelaje.
- Bandas transportadoras: recomendadas en las operaciones masivas con grandes volúmenes de mineral (ejemplo: *Sublevel caving*).
- Winches y skips en piques verticales: permiten la subida del mineral a superficie mediante sistemas de izaje de gran capacidad.

Manipuleo y transferencia:

- Chutes de transferencia
- Tolvas subterráneas de almacenamiento
- Sistemas de chancado primario subterráneo que reducen tamaño de mineral antes del acarreo a superficie.

2.3.5.2. Recursos y elementos de costos significativos

- Combustible y energía eléctrica
- Equipos de transporte y/o Servicio de carga
- Cargador frontal, palas, carros mineros
- Horas/hombre (equipos)
- Consumibles y repuestos

CUADRO 10

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por metro lineal de avance	US\$/m	Rendimiento de perforación Jumbo	m/h	Consumo de explosivo por metro de avance	kg/m	Costo de sostenimiento por metro	US\$/m o US\$/m ²
Índice de avance diario	m/día	Disponibilidad mecánica	%	Combustible	Gln/h	Mano de obra por metro de avance	hh/m
Costo por metro ventilado (instalación)	US\$/ml	Flujo de aire por ventilador	m ³ /min o m ³ /h	Consumo eléctrico (ventilador 100 kW)	kWh	Disponibilidad del sistema de ventilación	%
Costo de ventilación por tonelada extraída	US\$/t	Costo total mensual de sistema de ventilación	US\$	Consumibles	\$/ud.	Costo de energía mensual por ventilador	US\$/mes
Costo por metro lineal sostenido	US\$/m	Consumo de shotcrete por metro	m ³ /m	Consumo de pernos por metro lineal	ud./m	HH por metro sostenido	hh/m
Costo por metro cuadrado de sostenimiento	US\$/m ²	Disponibilidad mecánica	%	Cobertura de malla por metro lineal	m ² /m	Shotcrete aplicado por hora	m ³ /h
Consumo de energía	Kwh/t	Ton mineral extraído/ Hora	\$/H	Consumibles	\$/ud.	Energía eléctrica	Kw-h
% de costos indirectos/ generales	%					Costo consumibles y mano de obra	US\$/hh/ ud.

2.3.5.3 Indicadores de costos de la actividad

CUADRO 11

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por tonelada extraída	US\$/t	Horas/máquina por tonelada transportada	h/t	Consumo de combustible por tonelada	gal/t	Mano de obra por tonelada transportada	hh/t
Costo por tonelada por kilómetro (t-km)	US\$/t-km	Disponibilidad mecánica de la flota	%	Combustible	\$/Gln	Costo de operación de Scoop o camión	US\$/h
Índice de utilización del equipo	%	Toneladas transportadas por hora (t/h)	t/h	Consumibles	\$/ud.		
Consumibles	US\$/Gln	Consumibles	t/h	Petróleo	\$/Gln		
Equipos de transporte	US\$/Gln	Camión/Scoop/Cargador	t/h	Petróleo	\$/Gln	Mantenimiento preventivo	US\$/t

2.3.6. Servicios auxiliares

2.3.6.1. Descripción de la actividad

Los servicios auxiliares en minería subterránea comprenden todas las actividades y sistemas de apoyo indispensables para garantizar la continuidad, seguridad y eficiencia de las operaciones principales de explotación, tales como el sistema de bombeo del agua, motoniveladoras, camionetas, camiones, equipos de geomecánica, etcétera. Asimismo, los servicios pueden incluir limpieza, seguridad, supervisión y mantenimiento.

2.3.6.2. Recursos y elementos de costos significativos

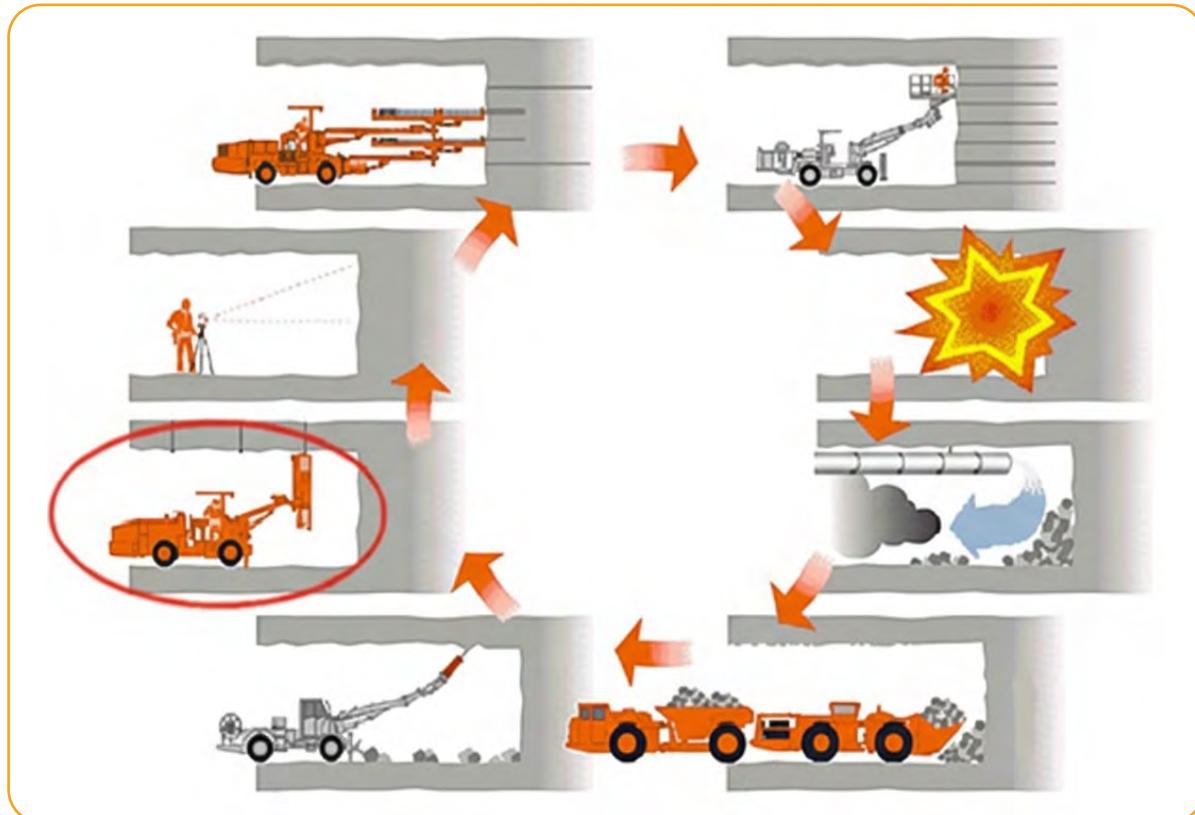
- Combustible y energía eléctrica
- Equipos de mantenimiento y/o Servicios de alquiler.
- Equipos de excavadoras.
- Horas/hombre (equipos)
- Bombeo y drenaje de aguas subterráneas
- Ventilación y control ambiental

2.3.6.3. Indicadores de costos de la actividad

CUADRO 12

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo por rehabilitación de mina	US\$/t	Disponibilidad mecánica de la flota	h/t	Suministros específicos	ud./t	Costo de operación de Scoop o camión	US\$/t
Costo por alquiler de equipos de mina	US\$/t-km	Disponibilidad de equipos	t/h	Combustible	\$/Gln	Costo de alquiler	US\$/t-km
Horas/hombre-supervisores	%	Horas/hombre	t/h			Mano de obra por tonelada transportada	hh/t
		Equipos de ventilación, bombeo, otros	t/h			Mantenimiento preventivo	US\$/tn-km

2.4. Flujograma/diagrama del proceso de minado subterráneo



3. Concentración

El mineral que se extrae de mina subterránea y/o a tajo abierto, generalmente no se puede comercializar, por lo que hay que someterlo a un tratamiento para recuperar y elevar su contenido metálico (ley de cabeza), y hacer posible su venta o prepararlo para el proceso posterior de fundición y refinación.

Actualmente, la tecnología y la investigación metalúrgica ayudan y posibilitan la recuperación del concentrado de minerales con leyes muy bajas, que hasta hace unos años no eran susceptibles de recuperación por razones económicas.

La concentración depende del tipo de mineral, granulometría y factores económicos y tecnológicos que están presentes, por lo que existen varios métodos para su realización.

Los procesos de concentración son los de recepción de minerales, chancado (primario, secundario y terciario), molienda, flotación, filtrado, secado y disposición de relaves. Entre los minerales más tratados figuran el cobre, el plomo, el zinc, la plata y el oro, así como concentrados bulk (plomo/cobre), en que se recuperan metales asociados.

3.1. Recepción de minerales

3.1.1. Descripción de la actividad

Es la etapa inicial donde el mineral extraído de mina es entregado a la planta concentradora. Se realiza

una inspección general, pesaje, control volumétrico y almacenamiento temporal.

El mineral extraído de la mina es almacenado en espacios físicos denominados cancha y/o patio, acondicionados para la clasificación del mineral, para luego llevarlos hacia el proceso de chancado, los minerales demasiados grandes, previamente, serán tratados para reducir sus dimensiones, pasando por la chancadora primaria.

3.1.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de recepción de minerales se componen de los equipos, suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 13.*

3.1.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso son fundamentales para optimizar los procesos de recepción, reducir errores y mejorar la productividad y medir el éxito de la operación de carguío en relación con los objetivos específicos. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 14.*

3.2. Chancado

3.2.1. Descripción de la actividad

Este proceso consiste en la trituración y la reducción del tamaño de las rocas de minerales al tamaño deseado con las chancadoras, equipos que utilizan movimientos vibratorios para fragmentar las rocas.

Este proceso se realiza en circuitos de trituración primaria, secundaria y terciaria, utilizando chancadoras de distintos tipos (giratorias, de mandíbulas, cónicas) y zarandas vibratorias que clasifican el material según su granulometría. Las piedras de tamaño menor de 8 pulgadas van a una faja de transporte y las piedras de tamaño mayor de 8 pulgadas se deslizan hacia la chancadora giratoria, donde son reducidas a menos de ocho pulgadas de tamaño y pasan a la faja de transporte anterior para ser llevadas al depósito intermedio.

Del depósito intermedio, mediante fajas transportadoras, el mineral pasa a las chancadoras secundarias, en donde el mineral es reducido a

un tamaño no mayor de 1-1/2 pulgada y luego por gravedad el mineral cae a la chancadora terciaria. Mediante fajas transportadoras, el mineral pasa de allí al proceso de molienda.

3.2.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de chancado de minerales se componen principalmente en el mantenimiento de los equipos, suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. **Ver cuadro 15.**

CUADRO 13

Equipos		Materiales			Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida	
Balanza de pesaje	Horas/ equipo	Lubricantes	Gln	Contratos de mantenimiento	Glb	
Faja transportadora	Horas/ equipo	Aceites hidráulicos	Gln	Contrato de vías	Glb	
Tolva de recepción	Horas/ equipo	Grasa industrial	kilogramos			
Equipos de rotura	Horas/ equipo	Petróleo	Gln			

CUADRO 14

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Pesaje (\$/t)	\$/t	\$/Equipo de balanza	\$/ud.	Consumo / t	\$/t	Costo Mtto. \$/t balanza	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	Consumibles	\$/t	\$ Servicios/t	\$/t
Horas/hombre-supervisores		Ton. transportada/ hora	Tph				
		Disponibilidad mecánica	%				

CUADRO 15

Equipos		Materiales			Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida	
Chancadora primaria	Horas/ equipo	Barras de acero	ud.	Cambio de revestimientos	Glb	
Chancadora secundaria	Horas/ equipo	Lubricantes	Gln	Alineación de ejes	Glb	
Chancadora terciaria	Horas/ equipo	Pernos de sujeción	ud.	Mantenimiento correctivo	Glb	
Zaranda vibratoria	Horas/ equipo	Grasa para rodamientos	Gln	Supervisión de chancado	Glb	
Faja transportadora	Horas/ equipo	Repuestos para chancadoras	ud.			
		Muelas fijas y móviles	ud.			

3.2.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos en el proceso de chancado son herramientas clave para evaluar la eficiencia operativa, el consumo de recursos y el impacto económico de la reducción de tamaño del mineral. Un adecuado seguimiento de estos indicadores facilita la optimización del costo por tonelada procesada, reduce las paradas no programadas y maximiza la disponibilidad de los equipos. Entre los principales indicadores tenemos. **Ver cuadro 16.**

3.3. Molienda

3.3.1. Descripción de la actividad

El proceso de molienda constituye una de las etapas más críticas en del beneficio de minerales, ya que posibilita la liberación de las partículas valiosas contenidas en la mena para su posterior recuperación en el proceso de flotación.

La molienda se realiza en equipos giratorios llamados molinos, que utilizan medios de molienda (barras o bolas de acero) para reducir el tamaño de las partículas minerales provenientes del circuito de chancado.

El mineral triturado es transportado mediante fajas hacia los molinos de barras, donde se mezcla con

agua y cal para formar una pulpa. En esta etapa se produce una primera reducción del tamaño de las partículas hasta alcanzar una granulometría semejante a arena fina.

Posteriormente, el material pasa a las clasificadoras (hidrociclos o zarandas) que separan la fracción de partículas finas (que avanza hacia la flotación) de las más gruesas, que retornan al circuito de molienda en los molinos de bolas para una reducción adicional hasta alcanzar la liberación óptima.

Por último, la pulpa de mineral clasificada pasa a las celdas de flotación, donde se adicionan reactivos (colectores, espumantes, depresores, modificadores) que permiten la separación selectiva de minerales valiosos (cobre, zinc, plomo o molibdeno) de la ganga.

3.3.2. Recursos y elementos de costos significativos

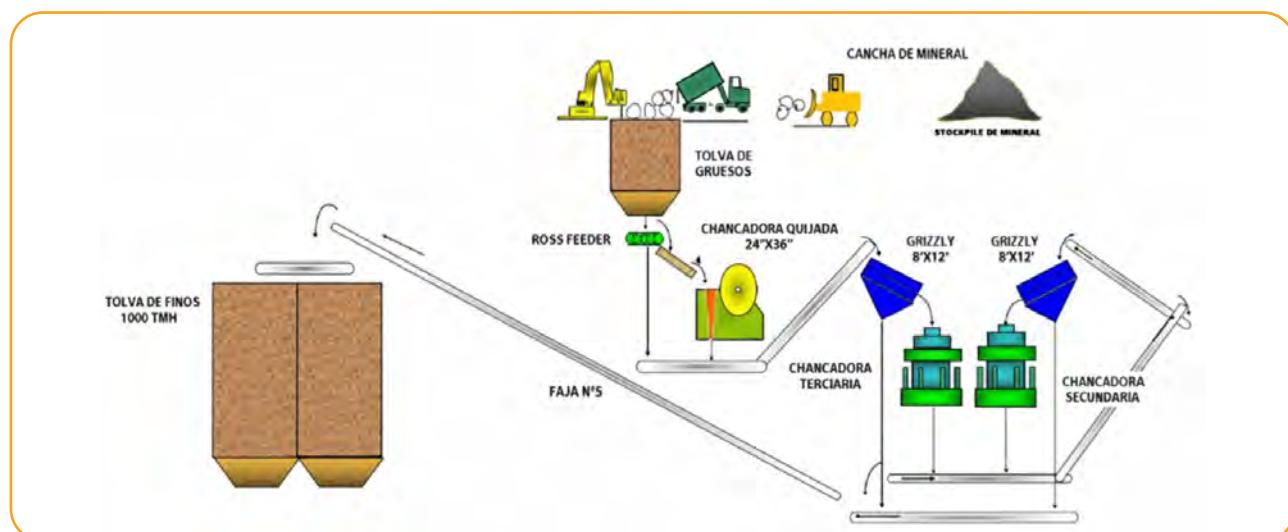
Los costos generados en el proceso de molienda se componen principalmente en el mantenimiento de los equipos, suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes.

Ver cuadro 17.

CUADRO 16

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Chancado (\$/ t)	\$/t	\$/Equipo de chancadora	\$/ud.	Galón combustible/Hora máquina	Gln/HM	Costo Mtto. \$/t movida	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	\$/ Gln combustible	\$/Gln	\$ Servicios /t Chancado	\$/t
		Ton Chancado/hora	\$/H	Consumibles	\$/ud.		
		Disponibilidad mecánica	%	Forros de chancadora	\$/t		

Diagrama de flujo del circuito de chancado



CUADRO 17

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Molino SAG	Horas/equipo	Bolas de acero	ud.	Revestimiento de molinos	Glb
Molino de bolas	Horas/equipo	Agua de proceso	Gln	Control de densidad de pulpa	Glb
Bomba de pulpa	Horas/equipo	Polímeros dispersantes	Gln	Mantenimiento de bombas	Glb
Hidrociclón	Horas/equipo	Aditivos antidesgaste	Gln	Monitoreo granulometría	Glb
		Forros de molinos	\$/t	Energía eléctrica	kwh
		Repuestos para molinos	ud.		

3.3.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso de molienda son fundamentales para garantizar la eficiencia operativa, controlar el consumo de insumos críticos y evaluar la productividad. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 18.*

3.4. Flotación

3.4.1. Descripción de la actividad

La flotación de minerales constituye un proceso físico-químico (metalúrgico) fundamental en la concentración de minerales sulfurados. Su objetivo principal es separar los minerales valiosos de la ganga o material estéril. El mineral previamente molido, mezclado con agua, cal y reactivos, se llama "pulpa", de características controladas (pH, densidad, granulometría). Esta pulpa contiene agua mineral. Mediante un sistema pasa de la clasificadora a las celdas de flotación, en estas celdas forman una especie de burbujas que sale a la superficie llevando consigo partículas de sulfuros de mineral, formando una espuma o nata que rebasa las celdas de flotación y posteriormente ser sedimentada y filtrada para obtener el concentrado final.

El material no flotado (colas o relaves) se bombea a circuitos de remolienda y flotación secundaria o de limpieza, para maximizar la recuperación de valores metálicos. Por último, los relaves finales son enviados al sistema de relaves o depósitos de disposición.

3.4.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de flotación se componen principalmente en reactivos químicos, energía, mantenimiento de equipos, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes:

3.4.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos en flotación permiten la evaluación del impacto de los insumos críticos y la eficiencia del proceso metalúrgico. Son claves

para optimizar el balance entre la recuperación y el costo por tonelada. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 19.*

3.5. Espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados:

3.5.1. Descripción de la actividad

El espesamiento, filtrado y secado son procesos claves en la etapa final del proceso de beneficio para separar sólidos de líquidos y, en algunos casos, para reducir la humedad de los materiales.

- El espesamiento es un proceso de separación sólido-líquido que aumenta la concentración de sólidos en una suspensión. Este se utiliza para separar sólidos de líquidos, generalmente por gravedad o mediante medios mecánicos. Su objetivo es obtener una suspensión más concentrada o un lodo con mayor contenido de material seco.
- El filtrado es un proceso de separación sólido-líquido que utiliza un filtro para retener los sólidos y dejar pasar el líquido. El filtrado puede acelerarse usando vacío o presión, como en los filtros de vacío.
- El secado de concentrados constituye un proceso importante en la metalurgia y la industria minera, que busca reducir la humedad del concentrado para facilitar su transporte, almacenamiento, procesamiento y mejorar su calidad (contenidos metálicos). Esto se logra mediante la evaporación de agua, por lo general mediante el calor y el flujo de aire controlados.

3.5.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados se componen principalmente en el mantenimiento de los equipos, consumo de energía, suministros y materiales, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes.

Ver cuadro 20.

CUADRO 18

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Costo total y unitario de molienda (\$/ t)	\$/t	\$ / Equipo de molino	\$/ud.	Bolas de acero	Kwh/t	Costo Mtto. \$/t molienda	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	Barras de acero	\$/t	\$ Servicios /t molienda	\$/t
		Disponibilidad mecánica	%	Consumibles	\$/ud.	Energía eléctrica	Kwh/t

CUADRO 19

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Celdas de flotación	Horas/equipo	Reactivos de flotación	Kg	Control químico	Glb
Bombas de aire	Horas/equipo	Espumantes	Litros	Ajuste de dosificación	Glb
Agitadores mecánicos	Horas/equipo	Colectores	Litros	Limpieza de celdas	Glb
Columnas de flotación	Horas/equipo	Depresores	Kg	Mantenimiento de válvulas	Glb
		Repuestos para celdas	ud.	Energía eléctrica	kwh

CUADRO 20

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Filtro de prensa	Horas/equipo	Tela filtrante	m ²	Transporte de concentrado	Glb
Secador rotatorio	Horas/equipo	Carbón activado	kilogramos	Servicios de secado térmico	Glb
Bomba de vacío	Horas/equipo	Colectores de polvo	unidades	Reemplazo de filtros	Glb
Tolva de almacenamiento	Horas/equipo	Envases metálicos	unidades	Carga y despacho	Glb

3.5.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso de espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados permiten la optimización de la eficiencia de filtrado y secado, la reducción de la humedad metalúrgica y el control de costos de transporte y manipuleo. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 21.*

3.6. Desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua**3.6.1. Descripción de la actividad**

El proceso de desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua implica la remoción de agua de los relaves, su almacenamiento en depósitos seguros, así como la recuperación de agua y materiales para reducir el impacto ambiental.

El material que se descarta desde las celdas de flotación se denomina relaves y esto se conduce, según sea el caso, a la planta de recuperación de

agua o directamente a lugares de almacenamiento acondicionados.

3.6.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua se componen principalmente en el mantenimiento de los equipos de bombeo, consumo de reactivos químicos (floculantes y coagulantes) y suministros, mano de obra, monitoreo ambiental y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 22.*

3.6.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso de desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua de concentrados son fundamentales para asegurar la eficiencia hidráulica, optimizar la recuperación de agua y controlar los costos de mantenimiento y el consumo de energía. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 23.*

CUADRO 21

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Prensado (\$/t)	\$/t	\$/Equipo de chancadora	\$/ud.	Galón combustible/ Hora máquina	Gln/HM	Costo Mtto. \$/t movida	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	\$/ Gln combustibe	\$/Gln	\$ Servicios /t Chancado	\$/t
Humedad metalúrgica. Costo unitario de filtrado y secado. Costo total de la etapa. Pérdidas metalúrgicas en filtrado.	% \$/t \$/t %	Disponibilidad mecánica	%			Energía eléctrica	Kwh/t

CUADRO 22

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Bomba de vacío	Horas/equipo	Floculantes	kilogramos	Mantenimiento de bombas	Glb
Filtro banda	Horas/equipo	Tela filtrante	metros cuadrados	Cambio de telas	Glb
Espesador	Horas/equipo	Reactivos de sedimentación	kilogramos	Monitoreo de operación	Glb
Sistema de canaletas	Horas/equipo	Aceite hidráulico	litros	Limpieza de canales	Glb
Tubería de descarga	Horas/equipo	Grasa industrial	kilogramos	Control de bombeo	Glb
Bomba de recirculación	Horas/equipo	Reactivos químicos	litros	Mantenimiento de sistemas hidráulicos	Glb
Canal de retorno	Horas/equipo	Geomembranas	metros cuadrados	Reparación de fugas	Glb
Tanque clarificador	Horas/equipo	Cal	kilogramos	Medición de caudal	Glb
Sensor de turbidez	Horas/equipo	Equipos de muestreo	unidades	Control de calidad de agua	Glb

CUADRO 23

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Bombeo (\$/t)	\$/t	\$/ Equipo de bombeo	\$/ud.	Galón combustible/ Hora máquina	Gln/HM	Costo Mtto. \$/t bombeo	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/Hora/máquina, \$/ Hora/hombre	\$/HM \$/ HH	\$/ Gln combustibe	\$/Gln	\$ Servicios /t bombeo	\$/t
Costo total de disposición de relaves	\$/t	Ton bombeo/ hora	\$/H	Consumibles	\$/ud.	Energía eléctrica	
		Disponibilidad mecánica	%				

3.7. Disposición de relaves

3.7.1. Descripción de las actividades

La disposición de relaves, conocida como gestión de relaves, consiste en el manejo técnico, seguro y ambientalmente responsable de los residuos sólidos generados durante el proceso de extracción y procesamiento de minerales. Este proceso debe ser planificado y ejecutado con los protocolos de seguridad y minimizando el impacto ambiental.

Los relaves, que resulten del proceso de flotación y de la planta de recuperación de agua, son trasladados a espacios (depósitos o presas de relaves) donde se almacenan en condiciones regulatorias establecidas por seguridad, geotécnico y medioambiental.

3.7.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de disposición de relaves se componen principalmente por los equipos, consumo de suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 24.*

3.7.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso de disposición de relaves de concentrados resultan fundamentales para mensurar la eficiencia operativa, la sostenibilidad y disminuir los impactos ambientales. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 25.*

CUADRO 24

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Camiones	Horas/equipo	Geomembranas	Metros cuadrados	Mantenimiento	Glb
Cargadores	Horas/equipo	Tuberías	Metros	Monitoreo ambiental y geotécnico	Glb
Motoniveladoras	Horas/equipo				

CUADRO 25

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Disposición (\$/m ³)	\$/m ³ material dispuesto	\$/Equipo de cargador	\$/ud.	Galón combustible	Gln/HM	Costo Mtto.	\$/t o \$/m ³
Cumplimiento de programa	%	\$/Equipo de transporte	\$/HM \$/HH	Material movido y compactado	T o m ³ por guardia	\$ Servicios	\$/t o \$/m ³
		\$/Equipo de tendido y compactado	\$/HM	Consumibles	\$/Equipo	Energía eléctrica	Kwh/t
		Disponibilidad mecánica	%				

Lixiviación en pilas (Heap Leaching)

El mineral chancado y aglomerado se deposita en pads impermeabilizados donde se irriga con soluciones lixiviantes que se impregnan y disuelven el metal.

4.2. Extracción por solventes (ES)

El objetivo del proceso es extraer el cobre de la solución impregnada o PLS proveniente de las operaciones de lixiviación. Con la ayuda de un reactivo orgánico, el cobre es retirado del reactivo orgánico obteniendo la solución de electrolito rico. Esta solución se envía al área de tanques, pasando por procesos de limpieza y filtros y es calentada mediante intercambiadores de calor, para después enviarse al proceso de deposición electrolítica.

4.3. Depositación electrolítica (DE)

Este proceso tiene la finalidad de producir cátodos de cobre de 99.999% de pureza a partir del “electrolito rico”, utilizando corriente eléctrica rectificada o directa que fluye entre dos electrodos (ánodo y cátodo) sumergidos en una celda electrolítica, mediante la tecnología de cátodo permanente.

El electrolito rico ingresa a cada celda, al suministrar corriente continua a las celdas en las planchas sumergidas de acero inoxidable se va depositando una lámina de cobre, las planchas de acero inoxidable permanecen sumergidas en períodos controlados para lograr un peso adecuado en la

lámina de cobre, posteriormente se deben retirar con una grúa puente hacia la máquina deslaminadora y se obtienen los cátodos de cobre.

4.4. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en la lixiviación se componen principalmente de los equipos, consumo de suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 26.*

4.5. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para la lixiviación son fundamentales para optimizar la actividad del procesamiento del concentrado y mejorar la productividad. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 27.*

5. Fundición

El proceso de fundición consiste en la exposición de los concentrados a altas temperaturas para derretirlos y obtener el metal objetivo. A fin de fundir el concentrado se combina con material fundente y gas de oxígeno, con el objetivo de oxidar los sulfuros y remover parcialmente las partículas de hierro presentes en el concentrado, y así obtener cobre derretido rico en sulfuros (mata de cobre). Posteriormente, la mata de cobre es oxidada en

CUADRO 26

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Tanques de agitación	Horas/equipo	Cianuro de sodio	kilogramos	Mantenimiento de equipos	Glb
Flujómetros	Horas/equipo	Óxidos de calcio	kilogramos	Inspecciones de equipos	Glb
Muestreadores	Horas/equipo			Monitoreo de gases	Glb
Bombas dosificadoras	Horas/equipo			Análisis químico	Glb
				Monitoreo de pH	Glb

CUADRO 27

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Insumos (\$/ t)	\$/t	\$/ Equipo de agitación	\$/ud.	Energía eléctrica/ Hora máquina	Kw/HM	Costo Mtto. \$/Kg de precipitado	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/ Hora/ máquina \$/ Hora/ hombre	\$/HM \$/ HH	\$/ energía eléctrica	\$/KW	\$ Servicios /Kg de precipitado	\$/t
Recuperación metalúrgica	%	Ton mineral/ hora	\$/H	Consumibles	\$/ud	Energía eléctrica	Kw-h
		Disponibilidad mecánica	%			Mantenimiento preventivo	Glb

convertidores para formar cobre ampolloso o blíster, con un contenido aproximado de 99% de cobre. Por último, el blíster pasa por un proceso de pirorrefinación, por medio del cual se remueven el oxígeno y el azufre, para después ser moldeados como ánodos de cobre, los cuales son enderezados y aplanados para enviarse al proceso de refinación.

5.1. Descripción del proceso de fundición

Este proceso consta de las siguientes etapas:

5.1.1. Recepción, muestreo y preparación de concentrados.

Al recibir los concentrados en la fundición, estos son pesados, muestreados y analizados para determinar el contenido de humedad, granulometría, contenido metálico y nivel de las impurezas (arsénico, plomo, antimonio, bismuto). Este concentrado se mezcla con material fundente y es temporalmente almacenado en camas, desde donde es enviado a la siguiente etapa del proceso.

5.1.2 Fusión de los concentrados

Se somete el concentrado en un horno a una temperatura aproximada de entre 1200 °C y 1250 °C. Si bien hay diferentes tecnologías, en estos hornos por lo general se sopla oxígeno al interior en busca de la reacción de las partículas sólidas del mineral que terminan derretidas.

El proceso de fusión de concentrados genera tres productos principales:

- Mata de mineral derretido
- Escoria de hierro-silicato derretido
- Gas caliente con un contenido variable de dióxido de azufre según el tipo de horno utilizado.

La mata del mineral derretido se asienta mediante la capa de escoria y queda una capa de mata debajo de la escoria. Una vez que ambas capas de mata y escoria tengan la suficiente profundidad, ambos líquidos son evacuados de forma intermitente mediante orificios o canaletas. Es importante equilibrar los niveles de fundente en el proceso, puesto que este agrega viscosidad a la escoria, lo cual reduce la velocidad a la cual la mata se asienta y podría incrementar las pérdidas de mineral.

El contenido del mineral en la escoria también dependerá de la tecnología de fusión que se use. Existen diversos métodos para recuperar el mineral de las escorias.

5.1.3. Conversión de mata

La mata de mineral pasa a los hornos convertidores para el proceso de conversión y eliminación de las impurezas.

Este proceso involucra oxidar los contenidos de otros componentes de la mata para obtener el metal más puro.

El proceso de conversión de mata genera tres productos principales:

- Metal derretido con un contenido muy bajo de oxígeno y azufre, el cual se envía para procesamiento adicional mediante pirorrefinación.
- Escoria con bajo contenido metálico.
- Gas con contenido de dióxido de azufre, el cual se captura, enfriá y envía para procesamiento adicional, con el fin de producir ácido sulfúrico.

La tecnología más utilizada para la conversión de mata de cobre se denomina Peirce-Smith, por la cual se sopla la ráfaga de aire en la mata mediante toberas incrustadas en el refractario del convertidor.

Otros métodos de conversión de mata presentes a nivel global son los siguientes:

- Convertidores Outotec de conversión inmediata
- Convertidores Isaconvert de conversión continua
- Proceso Ausmelt TSL (Top Submerged Lance)
- Procesos de conversión continua Mitsubishi y Noranda.

5.1.4. Pirorrefinación y moldeo de ánodos

Se eliminan los restos de oxígeno y azufre presentes en el cobre blíster.

El cobre blíster ingresa en los hornos anódicos (hornos de afino) a una temperatura aproximada de 1,200 °C, la pirorrefinación se ejecuta en dos pasos:

- Se inyecta aire enriquecido con oxígeno al cobre derretido para reducir los niveles de azufre.
- Se inyecta un gas de hidrocarburo al baño fundido para reducir el nivel de oxígeno.

El producto resultante (cobre anódico) se coloca en moldes de cobre donde se solidifica al entrar en contacto con el aire a temperatura ambiente, luego los moldes se enfrián con agua. Estos moldes, ánodos de cobre, pueden pesar entre 400 kilos y 450 kilos, los cuales pueden ser vendidos o enviados el siguiente proceso de refinación electrolítica.

Por regulaciones medioambientales internacionales se tiene el proceso de captura de gases para la obtención del ácido sulfúrico.

El proceso de producción de ácido sulfúrico comienza con la oxidación del dióxido de azufre (proveniente del proceso de conversión) en trióxido de azufre utilizando oxígeno. Esto se realiza por lo habitual en una serie de camas catalizadoras

con vanadio o platino. Posteriormente, el gas se enfriá por intercambio de calor y se produce ácido sulfúrico mediante la absorción del trióxido de azufre en una solución que contiene entre 98% y 99% ácido sulfúrico y 1% y 2% de agua. Este ácido se mezcla con ácido de menor concentración para después ser almacenado y después vendido o utilizado en las operaciones de lixiviación.

5.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de fundición se componen principalmente por equipos, consumo de suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 28.*

5.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para este proceso de fundición son fundamentales para optimizar la obtención de los contenidos metálicos. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 29.*

6. Refinación

Es un proceso industrial que purifica y transforma un producto metálico en uno con mayor pureza y calidad. Implica la aplicación de métodos físicos, químicos y electroquímicos para separar componentes, eliminar impurezas y modificar la estructura molecular de los materiales. Por ejemplo, refinar un ánodo de cobre producido en una fundición con una ley de cobre de 99.7% en cátodos refinados que tienen una pureza de 99.99%, estándar internacional exigido por los mercados.

Otra clase de refinación es la electrodeposición (EW), en la cual se refina la solución de sulfato de cobre enriquecida obtenida en el proceso de lixiviación (ver proceso de lixiviación).

6.1. Descripción de la actividad

El proceso de refinería comprende las siguientes etapas:

6.1.1. Recepción y manipuleo de ánodos

En la refinería se reciben los ánodos (planchas de cobre) provenientes del proceso de fundición para su refinación. Se revisan los ánodos que tengan ciertas dimensiones, espesor de cuerpo y orejas en rangos establecidos, exentos de materiales extraños y con una verticalidad establecida.

6.1.2. Proceso de electrorrefinación

El proceso de refinación del cobre se inicia en las celdas electrolíticas que están llenas de una solución conocida como electrolito de cobre. En estas celdas se colocan alternadamente un ánodo y un cátodo inicial (plancha madre). Para que el desarrollo del proceso se aplica corriente continua y se obtiene un cátodo de cobre de alta pureza de 99.99%.

En este proceso llamado electrorrefinación, al aplicar corriente continua, el cobre del ánodo se disuelve como electrones y cationes de cobre (Cu^{2+}) que se adhieren a la superficie del cátodo inicial, produciéndose un cátodo de cobre de alta pureza (99.99%). Cada ánodo produce aproximadamente dos cátodos.

CUADRO 28

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Filtros de prensa	Horas/equipo	Ácido sulfúrico	kilogramos	Mantenimiento de equipos	Glb
Tanque de reactor	Horas/equipo	Nitrato de sodio	kilogramos	Inspecciones de equipos	Glb
Hornos	Horas/equipo	Bórax	kilogramos	Monitoreo de gases	Glb
Cargador frontal		Carbonato de sodio	kilogramos	Energía eléctrica	
Horno de fundición	Horas/equipo			Laboratorio	Glb
Montacarga eléctrico	Horas/equipo	Arena de sílice	kilogramos		
Extractor de polvo	Horas/equipo	Cajas de madera	unidad		
		Parihuelas	unidad		
		Precintos Petróleo combustible / Ladrillos refractarios	unidad		

CUADRO 29

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Insumos (\$/ t)	\$/t	\$/Equipo de fundición	\$/ud.	Energía eléctrica/ Hora máquina	Kw/HM	Costo Mtto. \$/Kg de precipitado	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/ Hora/ máquina \$/ Hora/ hombre	\$/HM \$/HH	\$/ energía eléctrica	\$/KW	\$ Servicios /Kg de precipitado	\$/t
Recuperación metálica global	%	kilos de barra/ hora	\$/H	Consumibles	\$/ud	Energía eléctrica	Kw-h
		Disponibilidad mecánica	%	Fundente de sílice	\$/t	Mantenimiento de equipos	Glb
		Horno de fusión	Horas/equipo				

Los ánodos permanecen en las celdas 24 días, en este tiempo el ánodo se disuelve 86% aproximadamente, el 14% restante es retirado de las celdas, lavado utilizando agua condensada caliente y transportado de nuevo a la fundición, donde se vuelven a fundir para la elaboración de nuevos ánodos.

Durante este proceso, las impurezas que no se disuelven caen al fondo de la celda y forman lodo o barro anódico. Este subproducto es recolectado periódicamente y enviado a una planta especializada, donde se procesan y recuperan los metales preciosos contenidos (oro, plata, selenio, platino y paladio).

6.1.3. Obtención del cátodo producido (cosecha)

Cuando los cátodos han alcanzado el espesor deseado, se retiran de la celda electrolítica y se colocan nuevos ánodos y cátodos iniciales.

Los cátodos extraídos continúan hacia el proceso de lavado, que incluye inmersión en agua caliente agitada con aire, lavado con chorros de alta presión de agua caliente y lavado con vapor para retirar el sulfato residual.

Se realiza una inspección visual de los cátodos para la verificación de la calidad superficial y la detección de irregularidades como nódulos, burbujas u otras imperfecciones. Los cátodos que cumplen con los estándares de calidad son llevados a la cámara de lavado, se agrupan, se pesan y son embalados para su comercialización. Los defectuosos se reprocesan o se ajustan al flujo.

6.2. Recursos y elementos de costos significativos

Los costos generados en el proceso de refinación se componen principalmente por equipos, consumo de suministros, mano de obra y servicios diversos. Los principales son los siguientes. *Ver cuadro 30.*

6.3. Indicadores de costos de la actividad

Los indicadores de costos para la refinación son fundamentales para garantizar competitividad en márgenes y eficiencia operacional. Entre los principales indicadores tenemos. *Ver cuadro 31.*

CUADRO 30

Equipos		Materiales		Servicios	
Recurso	Medida	Recurso	Medida	Recurso	Medida
Tanque de solución rica, Barren	Horas/equipo	Diatomita	kilogramos	Mantenimiento de equipos	Glb
Filtros clarificadores	Horas/equipo	Nitrato de plomo	kilogramos	Inspección, calibración de sistemas de flujos	Glb
Torre desaireadora	Horas/equipo	Polvo de zinc	kilogramos	Mantenimiento de equipos	Glb
Dosificador de zinc	Horas/equipo	Solución electrolito de cobre	kilogramos	Inspección, calibración de sistemas de flujos	Glb
Bombas de rica, Barren	Horas/equipo	Energía eléctrica	KWh		
Tanques de celdas electrolíticas	Horas/equipo	Agua			
Calderas Gonella	Horas/equipo				
Rectificador de corriente	Horas/equipo				

CUADRO 31

Generales		Equipos		Materiales		Servicios	
Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida	Indicador	Medida
Consumo de reactivos (\$/t)	\$/t	\$/Equipo de bombeo	\$/ud.	Energía eléctrica/Hora máquina	Kw/HM	Costo Mtto. \$/t disposición	\$/t
Cumplimiento de programa	%	\$/ Hora/ máquina \$/ Hora/ hombre	\$/HM \$/ HH	\$/ energía eléctrica	\$/KW	\$/ Servicios /t disposición	\$/t
Productividad (cátodos de ánodos)	t/t	Disponibilidad mecánica	%	Consumibles	\$/ud	Energía eléctrica	
		Disponibilidad mecánica				Mantenimiento preventivo	Glb

7. Actividades de soporte

La teoría de costos con el criterio de cómo se asignan los costos, los clasifica en directos e indirectos. Los costos directos son por lo regular los que se identifican y se asocian directamente a las actividades de los procesos productivos, conforme se han revisado y desarrollado en los puntos anteriores del presente capítulo. Los costos indirectos-administrativos son los necesarios para complementar y dar soporte a las operaciones productivas y no están relacionados con métricas físicas de producción para su ejecución, puesto que el elemento principal es brindar los servicios requeridos por las áreas de operaciones.

La acumulación de costos indirectos de producción se realiza durante el mes en las cuentas contables organizadas en centros de costos que identifican a cada una de las unidades de servicio ubicadas en las áreas de producción. A fin de mes, estos costos se atribuyen a las unidades de producción, usando para ello factores de distribución relacionados con el concepto por distribuir.

7.1 Costos indirectos operativos

Podemos clasificar costos indirectos operativos a los servicios de los talleres mecánicos, eléctricos y de maestranza que prestan servicios generales o complementan las funciones de los talleres especiales que radican y proporcionan servicios específicos en las actividades de los procesos productivos de mina, planta, fundición y refinería. En las minas subterráneas se conocen e identifican como talleres de superficie. También incluyen en este grupo al mantenimiento general de vías o tránsitos internos, departamento de transportes, suministro de agua fresca y plantas de aguas residuales.

7.2 Costos indirectos administrativos

En este grupo se encuentran principalmente los siguientes

- Servicios médicos
- Relaciones industriales
- Almacenes de materiales y suministros
- Protección de plantas – Seguridad interna

- Servicios de campamentos
- Servicios ambientales
- Desarrollo comunitario
- Gestión de medioambiente
- Seguridad y salud de los trabajadores - HSEC

A continuación, se presentan breves alcances sobre algunos relevantes:

7.2.1 Servicios ambientales

Se registra aquí los costos relacionados con el monitoreo de emisiones e impacto ambiental, control y disposición de residuos, pruebas de laboratorio y otras acciones requeridas para el sostenimiento de las operaciones y la gestión responsable del medioambiente en cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales. Se incluyen los costos del personal, estudios especializados y de monitoreo, depreciación de activos, combustibles y gastos de oficinas destinados a estas actividades.

El factor de distribución es el número de personas por área.

7.2.2 Desarrollo comunitario

Se registra aquí los costos asociados a la ejecución del plan de relacionamiento social con las comunidades de la zona de influencia de las operaciones, incluyendo programas de capacitación y desarrollo, previsión social, proyectos productivos, becas escolares, actividades culturales y deportivas, campañas de salud y recreación. Se incluye también el costo del personal, depreciación de activos, combustibles y gastos de oficinas destinados a estas actividades.

El objetivo es fomentar el desarrollo sostenible de las comunidades, fortaleciendo su función como socios estratégicos para la sostenibilidad de las operaciones de la empresa.

El factor de distribución es el número de personal por área.

7.2.3 Servicios al personal

Se registra aquí el costo de los servicios que ofrece la empresa al personal para facilitar el desempeño

de sus labores, tales como transporte, comedores, centros educativos, asistencia médica, gimnasio, áreas de recreación y deporte, lavandería, entre otros. Se incluye además la depreciación de activos, combustibles y gastos de oficinas destinados a estas actividades.

El factor de distribución es el número de personal por área.

7.2.4 Seguridad y salud de los trabajadores

Se registran aquí los costos que representan los programas o sistemas integrados de gestión establecidos con la finalidad de prevenir accidentes de trabajo y enfermedades laborales, protegiendo y promoviendo la salud e integridad física y mental de los trabajadores mediante la gestión de los riesgos laborales. Esto incluye el costo de proveer a los trabajadores de los Elementos de Protección Personal (EPP) para el desarrollo de sus actividades, capacitación, entrenamiento, consultorías y asesorías externas en esta materia basados en los objetivos y programas internos o por mandato legal.

El factor de distribución es el número de personal por área.

7.2.5 Almacenes de materiales y suministros

Se registra aquí principalmente el costo de los empleados que se encargan del planeamiento de los niveles de stocks necesarios para asegurar el abastecimiento o el requerimiento de las operaciones. Se integra también el costo del personal encargado de la recepción y el despacho de los materiales, incluyendo el costo de operación y mantenimiento de los equipos necesarios para el almacenamiento, costo de realización de los inventarios físicos y servicios externos, manipuleo y entregas y/o consumos de energía,

El factor de distribución aplicable podría ser el valor de los materiales despachados a cada área o cantidad de despachos.

7.2.6 Laboratorios

Se registra aquí el costo de operación interno o externos especializados para proporcionar a las áreas productivas resultados de análisis químicos, físicos y metalúrgicos de las muestras del mineral y beneficio de este. Su papel puede incluir el monitoreo ambiental y el cumplimiento de normativas relacionadas.

Los costos de laboratorios incluyen los costos del personal, depreciación y mantenimiento de

los equipos técnicos, consumos de reactivos y consumibles, transporte de muestras y otros propios de la oficina de laboratorio.

El factor de distribución podría ser la cantidad de muestras recibidas y atendidas para cada área.

7.3 Gastos administrativos

En este grupo se clasifica el costo de una serie de servicios que involucran principalmente costo de mano de obra. Su papel principal es complementar las necesidades de las áreas operativas o los controles necesarios desde una visión de enlace con las áreas corporativas, tales como:

- Recursos Humanos
- Contratos y servicios
- Contabilidad y tesorería
- Servicios legales
- Auditoría interna
- Relaciones públicas
- Tecnología de la información

El factor de distribución es el número de personal por área.

7.4 Seguridad y salud

Los costos de seguridad incluyen los gastos de personal del área, así como los gastos asociados a la gestión integral de la seguridad en las unidades mineras: servicios de capacitación al personal sobre política de riesgos (IPER), control de mantenimiento de los equipos de monitoreo, sistema de monitoreo de fatigas y somnolencia, capacitaciones al personal en identificación de peligros y riesgos, señalizaciones de seguridad en las áreas de trabajo, alquiler de camionetas, materiales para el reporte de incidentes y accidentes, auditorías internas y costos del levantamiento de observaciones y todos los costos asociados a eventos que promuevan la cultura de la seguridad en la organización.

Los costos para la salud ocupacional incluyen los destinados a garantizar la salud del personal en el ambiente laboral: contratación de personal médico para las atenciones al personal, medicamentos bajo consulta médica, mantenimiento de los equipos médicos y de emergencia para el personal, mantenimiento de instalaciones y ambulancias, estudios sobre la salud del personal y ergonomía en el trabajo y auditorías relacionadas con la salud.



SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA



Capítulo 4

Modelo de gestión de costos



Shape the future
with confidence

El futuro lo construimos juntos

EY Perú, 65 años comprometidos
con el desarrollo de nuestro país.

ey.com/65aniversario

NUESTRAS 7 SEDES

EY Lima
Av. Víctor Andrés
Belaunde 171,
San Isidro

EY Lima II
Av. Jorge
Basadre 330,
San Isidro

EY Lima III
Av. Jorge
Basadre 350,
San Isidro

EY Arequipa
Edificio City Center,
Piso 13, Torre Sur,
Cerro Colorado

EY Chiclayo
Av. Federico
Villarreal 115

EY Trujillo
Av. El Golf 591,
Víctor Larco Herrera
Sede Miguel Ángel
Quijano Doig

EY Cusco
Jr. Ricardo Palma N°18,
Urb. Santa Mónica
Wanchaq

Capítulo 4

Modelo de gestión de costos

Un modelo de gestión de costos tiene como propósito atender los requerimientos internos de la compañía y la gerencia para la ejecución de su gestión, que entre otros implica un control adecuado del costo de las actividades operativas, conocimiento del costo total, del costo unitario, punto de equilibrio (*cut off*); así como el planeamiento necesario para proyectar resultados esperados.

Por otro lado, las empresas mineras que tienen regulado los precios de sus productos por los mercados internacionales (*commodities*), solo les queda la posibilidad de controlar sus costos a fin de mejorar sus márgenes de rentabilidad y el sostenimiento de sus operaciones.

Es así como un modelo de gestión de costos le permite a la compañía obtener información eficaz y oportuna, así como contar con los indicadores de gestión que requiere la gerencia. Con base en ello esto definirán los “colectores o acumuladores de costos”, así como los “criterios de agrupamiento y/o distribución” posterior, hasta la obtención del “costo unitario del producto”. Modelo que también será seguido durante la preparación del presupuesto.

Los puntos principales que comprende un modelo de gestión de costos se resumen en los siguientes:

- Definición de cómo se recolectarán y acumularán los costos de las actividades realizadas en los procesos productivos de acuerdo con las operaciones, objetivos de control y gestión. Esto implica la codificación de los centros de costos o el uso de otros acumuladores de costos operativos.
- Establecer y reflejar la estructura lógica del **proceso productivo** y de soporte administrativo.
- Permitir la identificación de los costos directos e indirectos, así como de los costos fijos y variables.
- Determinar los procedimientos o la forma como se efectuará el costeo de los productos en proceso y terminados para propósitos de valorizar los inventarios.

1. Modelo basado en las actividades de los procesos de producción

Este modelo se sustenta en un proceso continuo de producción, donde se establece como acumuladores de costos a aquellos que identifiquen actividades o etapas definidas de este proceso con el propósito de obtener información cuantificable. Estos acumuladores tomarán el nombre de centros de costos, y recibirán costos directos o costos indirectos distribuidos de acuerdo con criterios definidos. Estos acumuladores de costos permitirán el cálculo del costo unitario del producto terminado o en proceso, los que son mostrados como existencias. Su método de valuación es el costo promedio.

Este modelo de costos facilitará a la compañía efectuar la planificación presupuestal, así como realizar comparaciones entre los costos presupuestados y ejecutados entre un período y otro de operación, mediante la revisión de las diferencias entre las estimaciones y los costos reales.

Por otro lado, estos acumuladores de costos también posibilitarán la definición de otros indicadores o *key drivers* que permitan medir la eficiencia del proceso productivo y de la gestión.

1.1. Diseño y estructura de costos

El diseño de la estructura de costos en este modelo se basará en la definición, primeramente, de los centros de costos como colectores de costos principales de las actividades del proceso, cuya cantidad y vinculación entre sí dependerá del tipo de proceso de producción que tenga la compañía; y estarán orientados a mostrar el costo acumulado al nivel que la compañía lo requiera, de una forma y por un período establecido.

Tomemos como ejemplo la siguiente estructura de un código de centro de costos, que a su vez refleja las etapas y subetapas que la compañía ha definido como importantes y de las que requiere información:

ÁREA	PROCESO	SUBPROCESO	RESPONSABILIDAD
20	3	2	5
Planta concentradora	Concentración	Molienda	Gerencia de procesos

El código inteligente del centro de costos de este ejemplo estará representado por el número **20030205**, el cual a su vez proporciona información del área, actividad, proceso, subproceso y responsabilidad; permitiendo además agrupaciones diversas de costos por cada uno de estos ítems de manera independiente. Pero definitivamente la estructura, la extensión y la conformación de los códigos de los centros de costos dependerán de los requerimientos de la compañía y del diseño de su proceso productivo.

Organizar estos códigos en forma lógica y secuencial le posibilitará a la compañía contar con la información necesaria para la toma de decisiones de gestión, además de mensurar la eficiencia y la eficacia de los procesos y procedimientos implementados. La organización de estos centros de costos, es decir, su categorización y vinculación entre sí definirá la **estructura de costos**.

1.2. Otros colectores o agrupadores de costos

La compañía también podrá definir otros colectores de costos, paralelos a los centros de costos, con el objeto de facilitar la distribución y real ocasión entre ellos, obtener información para otros indicadores de control o contar con información estadística o de gestión.

Estos agrupadores adicionales facilitarán mantener una estructura de centros de costos relativamente estable sin un crecimiento desproporcionado de códigos, permitiendo contar con la estructura que se requiere y que será útil. Es decir, estos agrupadores adicionales podrían ser creados como centros de costos, pero dada su limitada importancia en la estructura de costos, cuyo objeto principal es obtener el costo de producción total y unitario, es que se mantendrán en un sistema paralelo. Esto significa que estos colectores de costos podrán estar vinculados entre sí, pero necesariamente terminarán asociados a un centro de costos.

Es evidente que este tipo de configuración necesitará del soporte de un sistema informático adecuado como EAM (*Enterprise Asset Management*) o ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Entre otros colectores adicionales tenemos a los siguientes:

- **Orden de trabajo** (*workorder*), para colectar aquellos costos referidos a una tarea específica. Por lo común es utilizado por las áreas de mantenimiento para cuantificar el costo asociado a la operación y el mantenimiento de un equipo o flota, período, campaña, específicos, etcétera.
- Una variable de este colector de costos es la **orden de producción**, que se desarrollará ampliamente, más adelante, y que implicará su utilización como herramienta de planificación que facilitará el estimado de los costos necesarios para producir una cantidad específica de producto terminado, posibilitando conocer al cierre de la orden, la cuantificación y la valuación (unidades y montos) finalmente incurridos por cada “elemento de gasto”, necesario para conseguir el volumen de producción obtenido. Asimismo, permitirá la comparación de costos estimados con lo realmente realizado.
- **Orden interna**, es utilizada para colectar los costos operativos o de inversión, cuya información se urge controlar durante un período de tiempo y distribuir al cierre del proceso.
- **Código equipo o activo fijo**, usualmente empleado para controlar los costos de mantenimiento asociados a un equipo o componente mayor.

El siguiente esquema muestra la relación entre el colector principal: centro de costos y los colectores secundarios: equipo y orden de trabajo. Donde el sistema guardará información en cada uno de los colectores, esto permitirá la consecución de información por cada uno. *Ver esquema 1.*

ESQUEMA 1

COLECTOR DE COSTOS PRINCIPAL		COLECTORES DE COSTOS SECUNDARIOS	
CENTRO DE COSTOS	EQUIPO o ACTIVO FIJO	ORDEN DE TRABAJO	
20030205	M001001	OT010067	
Planta concentradora-molienda	Molino de bolas	Cambio de revestimiento (chaquetas, forros o liners)	
20030205	M001001	OT010120	
Planta concentradora-molienda	Molino de bolas	Mantenimiento preventivo (lubricación, limpieza, inspección y ajuste)	

Es evidente que el empleo de estos y otros colectores de costos solo será posible mediante la utilización de un adecuado sistema computarizado o software, que logre la integración de la información deseada a partir de su compilación desde distintas fuentes (áreas o procesos de la organización), que finalmente será reflejada en los reportes financieros o gerenciales. La implementación de los distintos módulos está sujeta a las necesidades y decisiones de la empresa.

Este sistema computarizado, o software, implementado de acuerdo con las necesidades de la organización definirá el nivel de integración de la información proveniente de distintos módulos, en cuyo caso podrá tomar el nombre de:

- CMMS, *Computerized Maintenance Management System*
- EAM, *Enterprise Asset Management*
- ERP, *Enterprise Resource Planning*

1.3. Elemento de costo (expense element)

Adicionalmente a los colectores de costos, será necesario también definir el “tipo de costo” o “elemento del costo”, que identifica el tipo de recurso empleado en el proceso productivo para la obtención del producto final.

Los elementos de costo se pueden ubicar en alguna de las siguientes categorías, sin ser restrictivas:

- **Costos de labor**
- **Costos de materiales, suministros o consumibles** (explosivos, reactivos, combustibles, insumos para la molienda de minerales, repuestos y suministros para la operación y mantenimiento de equipos o plantas, etcétera)
- **Costos de contratistas, servicios o consultorías**
- **Costos de energía**
- **Costos generales, de soporte y/o administrativos**

Otras clasificaciones para los elementos de costo son:

- **Directos**, costos que se identifican plenamente con el proceso productivo.
- **Indirectos**, que no están relacionados estrechamente con la producción.

- **Variables**, cambian de modo proporcional con el nivel de la actividad productiva (generalmente la cantidad de mineral extraído de mina o el tratado en la planta concentradora).
- **Fijos**, son independientes del nivel de producción.
- **Mixtos**, corresponden a costos fijos o variables, pero frente a las escalas de los volúmenes de producción.

1.4. Estructura general de las actividades y niveles de información

Una vez definido que el modelo de gestión de costos se basará en las actividades que se llevan a cabo en los procesos mineros, es posible el diseño de la estructura de costos por niveles de agregación o detalle, asociando a cada actividad una métrica física para la medición de la performance o indicadores de costos correspondientes sustentados en costos unitarios de las actividades.

Una estructura de costos por actividades puede manejar determinados niveles y facilitar su análisis “breakdown”, dependiendo del foco e interés del análisis y la evaluación.

- **Nivel 1-Por proceso de producción y/o apoyo:** Mina, planta, mantenimiento e indirectos, asociados a drivers generales como mineral extraído, tratado, movido, concentrado fundido, metal refinado, etcétera.
- **Nivel 2-Por actividades de cada proceso:** En este caso se presentan costos por actividades relevantes que integran cada proceso indicado en nivel 1.
- **Nivel 3-Costo de las actividades específicas:** Representa el costo de la actividad a la cual se asocian las respectivas métricas físicas para medir la performance y costos esperados (planeados o estándares).

Con lo indicado, la estructura de un **modelo de costos basado en actividades** como referencia puede ser el siguiente:

Actividades de los procesos de mina con explotación de tajo abierto o subterránea. Ver Tabla 1 y 2.
TABLA 1

Mina de tajo abierto		
Nivel de actividad 1: Mina		
Driver Nivel 1: Toneladas de material movido		
<i>Nivel de actividad 2</i>	<i>Nivel de actividad 3</i>	<i>Driver Nivel de actividad 3</i>
USD	USD	Métrica física relevante
Producción de desmonte	Perforación Voladura Carguío Acarreo Auxiliares	Metros perforados Toneladas voladas Material minado Toneladas transportadas por KM Toneladas de material movido
Producción de mineral	Perforación Voladura Carguío Chancado en Mina Acarreo Auxiliares	Metros perforados Toneladas voladas Material minado Toneladas chancadas Toneladas transportadas por KM Toneladas de material minado
Servicios	Bombeo de agua Tratamiento de agua HSEC Gerencia de Mina Gastos administrativos compartidos Servicios técnicos Energía y utilitarios Servicios de sitio Perforación de relleno Costo de extracción de mineral	Toneladas de material movido Toneladas de material movido Infill drill metres (opex) Toneladas de material minado
Mantenimiento de equipos móviles	Auxiliares Carguío de mineral Carguío de desmonte Perforación mineral minado Perforación para desmonte Acarreo de mineral Acarreo de desmonte	Equipos de trabajo auxiliar Palas y excavadoras - Mineral Palas y excavadoras - Desmonte Horas de equipos de perforación Horas de equipos de perforación Volquetes y trenes - Mineral Volquetes y trenes - Desmonte
Maintenance - Equipos fijos	Chancado en Mina Izaje y fajas Infraestructura Energía y utilitarios	Toneladas chancadas Toneladas de desmonte transp x faja Toneladas de material minado Toneladas de material movido

TABLA 2

Mina subterránea		
Nivel de actividad 1: Mina		
Driver Nivel 1: Toneladas de mineral minado		
Nivel de actividad 2	Nivel de actividad 3	Driver Nivel de actividad 3
USD	USD	Métrica física relevante
Desarrollo horizontal	Perforación Voladura Servicios de tuberías de ventilación Soporte/Sostenimiento Shotcrete	Metros perforados Toneladas voladas Metros de avance Metros de soporte/sostenimiento M3 de Shotcrete
Desarrollo vertical	Perforación Voladura Servicios de tuberías de ventilación Soporte/Sostenimiento Shotcrete Raise boring (Chimeneas)	Metros perforados Toneladas voladas Metros de avance Metros de soporte/sostenimiento M3 de Shotcrete M3 raise boring (Chimeneas)
Rehabilitación	Desarrollo Subterráneo	Metros
Producción de mineral	Carguío de mineral Perforación Voladura Raise boring (Chimeneas) Ore Transport Mineral izado/Transportado por faja Chancado en Mina Acarreo de Mineral	TM Mineral cargado Metros perforados Toneladas voladas Stopes raise bore m3 TM de mineral transportado x KM TM de mineral izado/transportado x KM TM de mineral chancado TM de mineral acarreado por KM
Producción de desmonte	Carguío de desmonte Acarreo de desmonte Mineral izado/ Transportado por caja	TM de desmonte minado Waste haul tonnes x km (opex) TM de mineral izado/transportado x KM
Relleno	Relleno con desmonte Relleno en pasta Relave acarreado	TM de desmonte M3 de relleno TM de relave acarreado
Servicios	Bombeo Tratamiento de agua Ventilación HSEC Gastos administrativos compartidos Gerencia de Mina Servicios técnicos Energía & Utilitarios Perforación de relleno Costo de extracción de mineral	TM Mineral minado + desmonte TM Mineral minado + desmonte Metros perforados Mineral minado
Mantenimiento de equipos móviles	Auxiliares Carguío de mineral Carguío de desmonte Perforación de desarrollo horizontal Perforación desarrollo vertical Perforación de producción de mineral Carguío de mineral Acarreo de mineral	Horas de trabajo de equipos auxiliares Horas de equipos de carguío o excavación de mineral Horas de equipos de carguío o excavación de desmonte Horas perforadas - desarrollo horizontal Horas perforadas - desarrollo vertical Horas perforadas - Producción de mineral Horas equipos volquetes / trenes - Carguío de mineral Horas equipos volquetes / trenes - Acarreo de mineral
Mantenimiento de equipos fijos	Chancado en Mina Izaje / fajas Ventilación Infraestructura Relleno en pasta Energía y utilitarios	Crushers equipment hours Ore hoisted/conveyed tonnes x km TM de mineral minado + desmonte TM de mineral minado + desmonte M3 de relleno Mineral minado

Las actividades del proceso de procesamiento de mineral en la planta concentradora se presentan a continuación:

TABLA 3

Planta		
Nivel de actividad 1: Planta		
Driver Nivel 1: Toneladas de mineral molido		
<i>Nivel de actividad 2</i> Actividad minera clave	<i>Nivel de actividad 3</i>	<i>Driver Nivel de actividad 3</i>
USD	USD	Métrica física relevante
Transformación a polvo	Chancado Molienda Remolienda	Mineral chancado TM molidas TM sujetas a remolienda
Separación	Hidrometalurgia en proceso - HMP Flotación Magnetic & Electrostático Lixiviación Cianuración Destrucción por cianuro Merrill Crowe (recuperación de oro)	TM HMP TM de concentrados producidos TM de concentrados producidos Total concentrate Produced TM de metal contenido TM de metal contenido TM de metal contenido
Espesamiento y filtrado	Espesamiento Filtración	TM de concentrados producidos TM de concentrados producidos
Servicios	Gerencia de planta Gastos administrativos compartidos Tailings management Technical Services Energy & Utilities Site Services HSEC Material handling	Mineral molido Mineral molido Toneladas de relave Mineral molido Mineral molido Mineral molido Mineral molido Mineral molido
Maintenance - Fixed Equipment	Planta de chancado Molienda	Ore crushed Ore crushed
Maintenance - Mobile Equipment	Auxiliares Manejo de materiales Manejo de relaves	Mineral molido Mineral molido TM de relave producido

Las actividades de los procesos LESDE

TABLA 4

Lixiviacion, electrodeposición y extracción por solventes (LESDE)		
Nivel de actividad 1: LESDE		
Driver Nivel 1: Toneladas de cátodos producidos		
<i>Nivel de actividad 2</i>	<i>Nivel de actividad 3</i>	<i>Driver Nivel de actividad 3</i>
USD	USD	Métrica física relevante
Producción de cátodos Electrowing	Proceso de lixiviación Extracción por solventes Depositación electrolítica	M3 de soluciones beneficiadas TM de cátodos producidos TM de cátodos producidos

Las actividades de los procesos de fundición y refinería

TABLA 5

Fundición		
Nivel de actividad 1: Fundición		
Driver Nivel 1: Toneladas de ánodos de cobre producido		

Nivel de actividad 2	Nivel de actividad 3	Driver Nivel de actividad 3
USD	USD	Métrica física relevante
Producción de ánodos	Recepción, muestreo y preparación de concentrados Fusión de los concentrados Conversión de mata Pirorrefinación y moldeo de ánodos	TMS de concentrados recibidos TM de ánodos producidos TM de ánodos producidos TM de ánodos producidos

Refinería		
Nivel de actividad 1: Refinería		
Driver Nivel 1: Toneladas de ánodos de cobre producido		

Nivel de actividad 2	Nivel de actividad 3	Driver Nivel de actividad 3
USD	USD	Métrica física relevante
Producción de cátodos	Recepción y manipuleo de ánodos Proceso de electrorrefinación Obtención del cátodo producido (cosecha)	TM de ánodos recibidos TM de cátodos producidos TM de cátodos producidos

Las actividades de soporte a las operaciones que representan gastos indirectos administrativos

TABLA 6

Costos indirectos - Soporte a las operaciones.		
Nivel de actividad 1: Costos de los servicios de soporte a los procesos mineros relevantes		
Driver Nivel 1: Mineral minado		

Nivel de actividad 2	Nivel de actividad 3	Driver Nivel de actividad 3
USD	USD	Métrica física relevante
Transformación a polvo	Recursos humanos Contabilidad y Finanzas Gerencia General Servicios administrativos compartidos Planillas Seguros Tecnología de la información Logística / Abastecimiento Support services (3rd party) Relaciones comunitarias Energía & Utilities HSEC Laboratorio Otros	Total TM - Concentrados producidos Total TM - Concentrados producidos Mineral minado
Finished Goods Transportation	Transporte por carreteras Transporte por ferrocarril Transporte por fajas Transporte por mineroductos Puerto	Total TM - Concentrados vendidos Total TM - Concentrados vendidos Total TM - Concentrados vendidos Total TM - Concentrados vendidos Total TM - Concentrados vendidos

Costos indirectos - Soporte administrativo

Actividades de soporte a los procesos de Fundición y Refinería

Cátodos producidos - TM

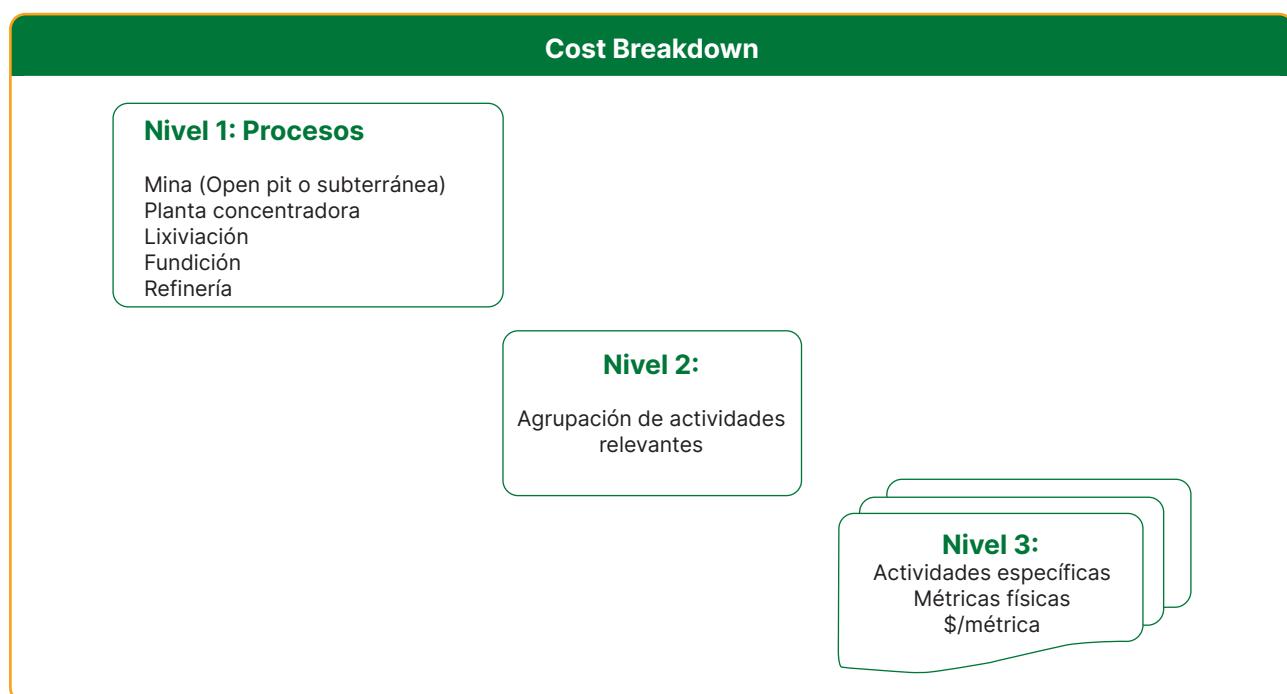
Nivel de actividad 2	Nivel de actividad 3	Driver Nivel de actividad 3
USD	USD	Métrica física relevante
Administración general	Recursos Humanos Seguridad Gerencia de operaciones Tecnología e Información Finanzas Seguros Energía y servicios Otros	TM de cátodos producidos TM de cátodos producidos
Servicios generales	Transporte Mantenimiento Laboratorio	TM de cátodos producidos TM de cátodos producidos TM de cátodos producidos

Habiendo definido esta estructura de costos presentada anteriormente, y complementada con los registros de los elementos de costos empleados para cada actividad indicados en el punto 1.3, el costo de operación o producción se obtiene sumando los costos a nivel 1, en este caso los procesos de producción. Luego, por cada uno de ellos, se puede agrupar y visualizar los costos a nivel 2 y con una visión de mayor detalle requerido para el

análisis “bajar” hasta el nivel 3, que proporciona la información de los indicadores de performance de costos de las actividades específicas que se requiera evaluar.

Una idea general de la visualización general de esta estructura de costos por actividades se resume en el siguiente gráfico. [Ver el grafico 1](#)

GRÁFICO 1



Estando en el nivel 3, es posible además determinar los costos unitarios o KPI de costos, por las actividades definidas a este nivel, empleando las métricas físicas relevantes.

Como parte del costo de las actividades resulta importante identificar aquellas que implican el consumo de recursos en función de los niveles de actividad o producción y que causan costos variables. En este caso por lo general se manejan los drivers de consumo físico de un determinado material que se requiere para trabajar una tonelada de mineral o en el caso de equipos horas de operación. En el siguiente cuadro se presentan algunos ejemplos. *Ver ejemplo 1.*

Como conclusión, podemos mencionar que la gestión de costos cuando el enfoque está en el desarrollo de las actividades de los procesos productivos mineros, se inicia desde la identificación de un indicador de consumo físico (KPI) necesario para ejecutar una determinada actividad, el cual será demandado en proporción a los niveles de actividad programados o ejecutados, con lo cual se causan costos variables para esta actividad. Luego con la asociación de una métrica física relevante, este modelo de gestión de costos permitirá conocer el costo de una actividad específica y al sumar cada una de ellas desarrolladas para efectuar los procesos de mina, concentradora, lixiviación, fundición y refinería permitirá determinar y evaluar los costos asociados a estos procesos y finalmente de la unidad o complejo minero a nivel agregado.

diferencias que ameriten el empleo de un sistema de costeo por órdenes, a pesar de que el producto sea similar, en este caso mineral extraído o tratado. Es el caso de una operación minera subterránea, en la cual dependiendo de las condiciones geológicas en que se encuentra el mineral, sea en cuerpos mineralizados o vetas anchas o angostas, se aplican diferentes "métodos de explotación o minado" para extraerlo, según se menciona en **el punto 2.1 y Descripción de la actividad minera subterránea y 2.22: Métodos de explotación subterránea del capítulo 3.** En el siguiente cuadro se puede ver la asociación de métodos de minado con la forma en que el mineral se encuentra:

Forma en que se presenta el mineral	Método de minado que se aplica
Vetas angostas	Corte y relleno Corte sin relleno
Vetas anchas	Corte y relleno convencional Corte y relleno con taladros horizontales Corte y relleno mecanizado
Cuerpos mineralizados	Corte y relleno mecanizado Sublevel stoping

Si, además de la forma de extracción del mineral con algún método de los indicados, los contenidos metálicos del mineral pueden ser diferenciados, es decir, entre más o menos ricos, al proceder de un cuerpo mineralizado o veta, esto marcaría una diferencia en la cantidad de metal que se obtendrá en el procesamiento del mineral, constituyendo con ello productos diferenciados a nivel de la cantidad de metal y, por ende, valor del mineral, a pesar de que en ambos casos la extracción de mina es común: **toneladas de mineral extraído.** Si esta es la situación de la operación minera y el interés de la gerencia es conocer los costos e ingresos por cada método de minado, entonces resulta aconsejable aplicar un sistema de costeo por órdenes de producción y/o proceso.

2. Modelo de gestión de costos basado en órdenes de producción

Como se expuso en el capítulo 2, existen dos sistemas de costeo: Por procesos y órdenes. Este último se emplea cuando los productos no son homogéneos, por cuanto existen elementos o características que los diferencian. Desde la perspectiva del proceso de producción y consiguiente generación de costos, pueden darse algunas

EJEMPLO 1

Actividad	Recurso / material	KPI de consumo físico	Unidad de trabajo	Material consumido Kg	C.U.	Costo variable US\$	Otros costos US\$	Total costo US\$	C.U de la actividad US\$/TM
Voladura	Anfo	4kg/TM volada	180,000 (TM Voladas)	720,000	1.25	900,000	215,000	1,115,000	6.19 TM
Acarreo	Flota de volquetes	350 litros / hora	5,280 (Hrs de operación)	1,848,000	1.50	2,772,000	554,400	3,326,400	630 Hora
Relleno paste fill (Mina subterránea)	Cemento	1Kg/M3	30,000 (m ³ a llenar)	30,000	0.22	6,600	850	7,450	0.25 m ³
Molienda	Bolas de molienda	2Kg/TM molida	230,000 (TM molidas)	460,000	2.75	1,265,000	335,000	1,600,000	6.96 TM

Objeto del costeo:

Sería el costo de extraer y beneficiar una tonelada de mineral por diferentes “métodos de explotación o minado”. Los insumos para este entregable serían los costos acumulados mediante el sistema de costeo por órdenes antes mencionado y que se describe en los puntos siguientes.

Diseño y estructura de los acumuladores de costos

Una vez que se ha definido el sistema de costeo y “mapeado” las actividades de cada proceso de producción, asociando los recursos (elementos de costo) que se emplearán para su ejecución, se tienen que definir los acumuladores de costos.

En el caso de este modelo de costeo por órdenes de proceso tenemos:

Órdenes de proceso: Son mecanismos de gestión operativa que sirven para planificar una cantidad de producción por cada método de minado, para el caso del proceso de mina y cada actividad para el proceso de planta (beneficio de los minerales), respectivamente.

Estas órdenes de proceso permiten en un primer momento planificar los recursos principales (materiales, insumos y servicios de terceros) que deben emplearse para cierto nivel de producción. En términos de costos, podemos decir que su misión es acumular los costos directos de los procesos de mina o planta, o también, desde otro punto de vista, los costos variables alineados a los niveles de producción

planeados. Luego con la ejecución de los trabajos de cada actividad de mina y planta, estas órdenes permiten la acumulación de los costos reales incurridos en un determinado período de producción mensual.

En el diagrama siguiente se puede visualizar el marco conceptual y proceso descrito anteriormente.

Ver diagrama 1.

Centros de costos: Son los denominados centros de responsabilidad, que acumulan los costos de determinadas actividades específicas y que pueden ser consecutivas o independientes. Por ejemplo, estos centros de costos pueden servir para el recojo de los costos que incurren algunas actividades complementarias o de apoyo a los procesos principales de producción, tal es el caso de los servicios auxiliares o indirectos de mina. De manera similar para el proceso de planta. Asimismo, pueden recibir costos centralizados que se llevan en otros módulos especiales, siendo el caso del módulo de mantenimiento, en el cual se van acumulando a los costos de los equipos, que llegado el cierre mensual son transferidos a sus respectivos centros de costos de equipos. Finalmente, sirven también para acumular los costos de las actividades de soporte administrativo de la unidad minera (RR. HH., Legal, SAS, Contabilidad, Servicios al personal, etcétera).

En términos de elementos de costos, los centros de costo reciben los costos que se incurren por la utilización de los recursos de producción o elementos de gasto, tales como mano de obra, servicios de terceros, costo de los equipos y energía.

Ver diagrama 2

DIAGRAMA 1

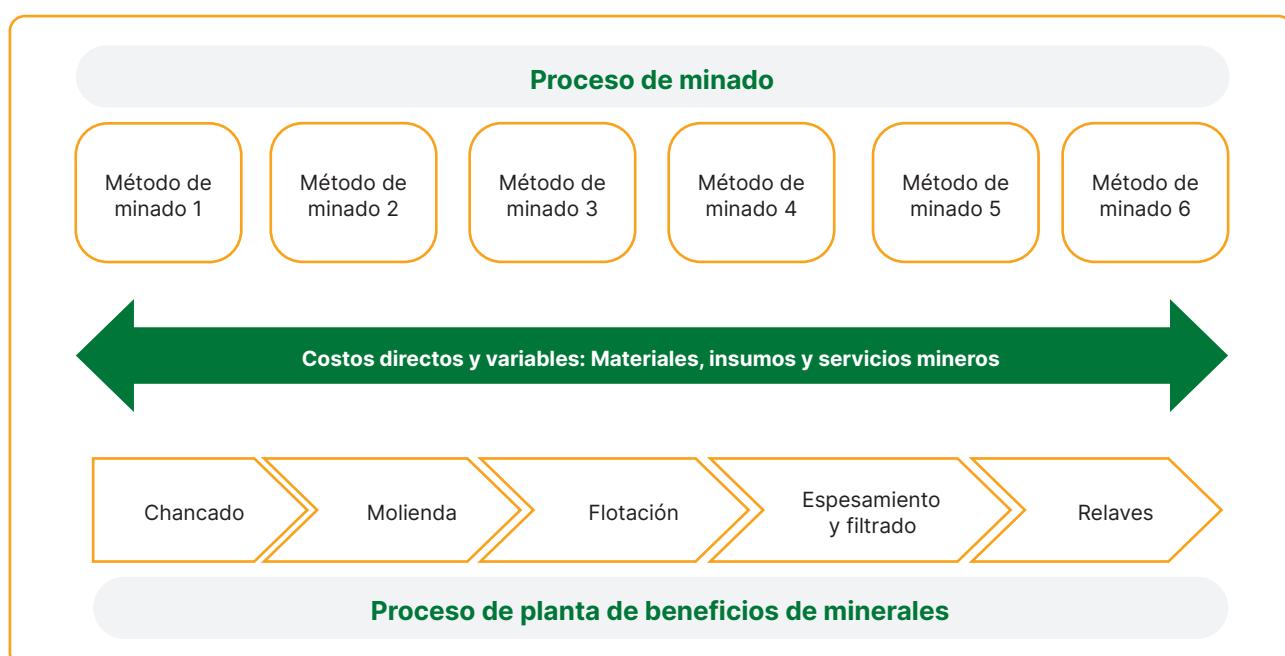
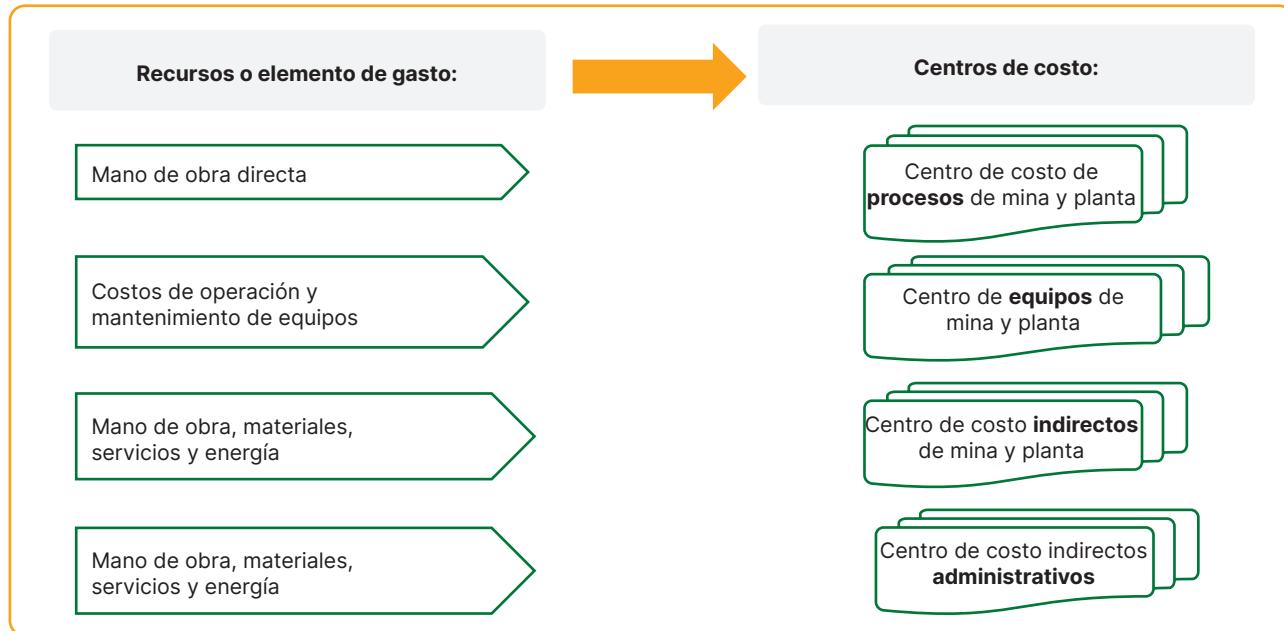


DIAGRAMA 2



En resumen, para el modelo propuesto los costos acumulados mediante **órdenes de proceso**, más los que se acumula por **centro de costos** representan el **costo total de producción**.

2.1. Distribución de los costos indirectos de soporte a los procesos productivos

De acuerdo con el modelo planteado, los costos que fueron inicialmente registrados en el acumulador de centro de costo deben asignarse o distribuirse hacia las respectivas órdenes de mina y planta. La finalidad de lo indicado es transferir los costos de producción en estas órdenes, por cuanto en ellas se notificarán las unidades producidas, con lo cual se puede completar el costo de los siguientes productos en proceso y terminados:

- Mineral extraído de mina
- Mineral tratado en planta
- Concentrados de minerales producidos

Los principales criterios de distribución de costos acumulados en los centros de costo son los que se indican a continuación:

Costos acumulados en los centros de costo	Criterios o drivers de asignación o distribución a las órdenes de proceso
Mano de obra directa	Cantidad de horas notificadas a cada orden de proceso
Costo de los equipos	Horas de uso de equipo notificadas cada orden de mina Asignación de los costos de equipos en el proceso o actividad que los utilizan.
Costos indirectos de mina y planta	Costos acumulados en las órdenes de mina y planta, luego de las distribuciones anteriores.

Distribución de los costos administrativos

Este costo está representado por las áreas de apoyo administrativo que prestan servicios a las actividades de mina y planta. Tenemos por ejemplo el caso del área de Recursos Humanos, que brinda sus servicios a los trabajadores de ambos procesos.

Con este alcance de cobertura de servicios, una primera distribución de los costos administrativos se tiene que realizar hacia mina y planta. Una "segunda vuelta" de distribución es asignar los costos administrativos recaídos en mina y planta hacia las correspondientes órdenes de producción generadas por las actividades efectuadas para cada proceso.

La primera distribución podría tener un conjunto de criterios o drivers tales como:

Costos acumulados en los centros de costo	Primera distribución general hacia mina y planta
Recursos Humanos	Número de trabajadores
Logística (abastecimiento y almacenes)	Cantidad de vales atendidos o valor de los materiales incluidos en los mismos
Contabilidad / Finanzas	Cantidad de transacciones contables
Sistemas o tecnología de la información	Cantidad de usuarios
Seguridad, ambiente y salud	Cantidad de trabajadores o distribución de gestiones para mina o planta
Campamentos (alojamiento, alimentación)	Identificación del huésped o cantidad de trabajadores
Transporte de personal	Identificación del personal transportado
Relaciones comunitarias	Cantidad de trabajadores

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, efectuar una distribución inicial con estos criterios puede demandar esfuerzos adicionales de control que a su vez generaría costos administrativos, por esta razón este proceso se puede simplificar definiendo como único criterio de distribución a la cantidad de trabajadores de mina y planta. Si la cantidad de trabajadores de contratistas es significativa y los servicios de apoyo se extienden hacia ellos, se puede sumar a los trabajadores de planilla de la empresa.

Una vez que se han atribuido los costos indirectos a mina y planta, queda la siguiente distribución hacia las órdenes de mina y planta. Al no tener los servicios de apoyo relación directa con las actividades operativas, esta distribución se realiza con base en los costos acumulados de las órdenes o, en su caso, por toneladas métricas (nivel de actividad).

2.2. Determinación del costo de producción

El costo de producción está determinado por la suma de los costos registrados en cada acumulador de costos antes descritos, es decir, los costos registrados y acumulados por órdenes de proceso y centros de costos, sin generar inicialmente el proceso de distribución.

En el siguiente cuadro se puede apreciar cómo quedaría conformado el costo de producción, en un determinado mes, aplicando el modelo de costos explicado anteriormente:

Proceso	SAP CeCo	SAP Orden	SAP Total
Mina	1,858,895.63	3,302,758.94	5,161,654.57
Planta	737,740.47	888,521.07	1,626,261.54
Indirectos	910,930.16		910,930.16
TOTAL	3,507,566.26	4,191,280.01	7,698,846.27

Otra visión del costo de producción es presentar los recursos (elementos de gasto) que fueron utilizados en las actividades principales de los procesos productivos, actividades indirectas y de soporte administrativo, que convencionalmente se clasifican como mano de obra, materiales o insumos, servicios de terceros y energía. También podemos clasificar el costo con y sin distribución.

2.3. Costeo de los productos mineros

Una vez que los costos se han acumulado totalmente en las órdenes de proceso y los operadores han notificado las toneladas métricas extraídas, se tienen los dos elementos necesarios para el costeo de los productos mineros: costos totales y unidades producidas expresadas en toneladas de mineral

extraído o tratado (productos intermedios) y la producción de concentrados (productos finales). Para este proceso, el flujo es el siguiente.

Ver diagrama 3.

En este diagrama se pretende reflejar el proceso de acumulación de costos hasta llegar al producto final, es decir, en este caso de concentrados de minerales. El material extraído con su respectivo costo acumulado de las órdenes de mina es la materia prima para el proceso de planta. Luego, las actividades de la planta le añaden su costo, hasta que al final se acumula en la orden de la actividad de espesamiento y filtrado, en la cual se notifican los respectivos tonelajes de concentrados producidos. Habiendo acumulado el costo total y teniendo disponible la información los tonelajes de concentrados producidos, se puede llevar a cabo el costeo de los productos. En el caso de la producción de más de un tipo de concentrado, se debe aplicar los lineamientos de la NIC 2 respecto al costo de productos conjuntos y subproductos que se expuso en el capítulo 2. Marco conceptual de la contabilidad de costos.

2.4. Aplicación práctica del costeo

Basados en el modelo de costos por órdenes de proceso, y la información fuente generada respecto al costo de producción y tonelajes de concentrados producidos, que se indica efectuaremos el costeo de los productos. *Ver tabla 7.*

Apreciamos que la planta concentradora ha reportado la producción tres de concentrados: zinc, plomo y cobre; por tanto, el costo total del período debe asignarse a cada uno de los productos finales. Para tal fin recurrimos a lo que establece el párrafo 14 de la NIC 2 Existencias y aplicamos la metodología de una producción conjunta, que para este caso sería el grado de contribución económica de cada uno de los productos basados en los ingresos que cada uno de ellos genera. *Ver tabla 8.*

De acuerdo con los resultados presentados en el cuadro anterior, se puede concluir que sustentados en los ingresos que generaría la venta de los concentrados, el producto zinc contribuiría con el 34.9% del total de ingresos, el plomo con 43.7% y el cobre, 21.3%. Luego, con base en estos porcentajes se puede asignar el costo total a cada concentrado y determinar su costo unitario de producción que luego se trasladará a las existencias. *ver tabla 9.*

Este ejemplo abreviado muestra cómo se van acumulando los costos por centro de costos u órdenes de proceso, la distribución y transferencia de todos los costos a estas últimas y la asignación los costos a la producción de concentrados, con lo cual se ha cumplido con el primer objetivo de este modelo. Sin embargo, con una visión de gestión operativa es fundamental analizar los costos y la rentabilidad obtenidos por cada método de minado que se desarrolla a continuación.

DIAGRAMA 3

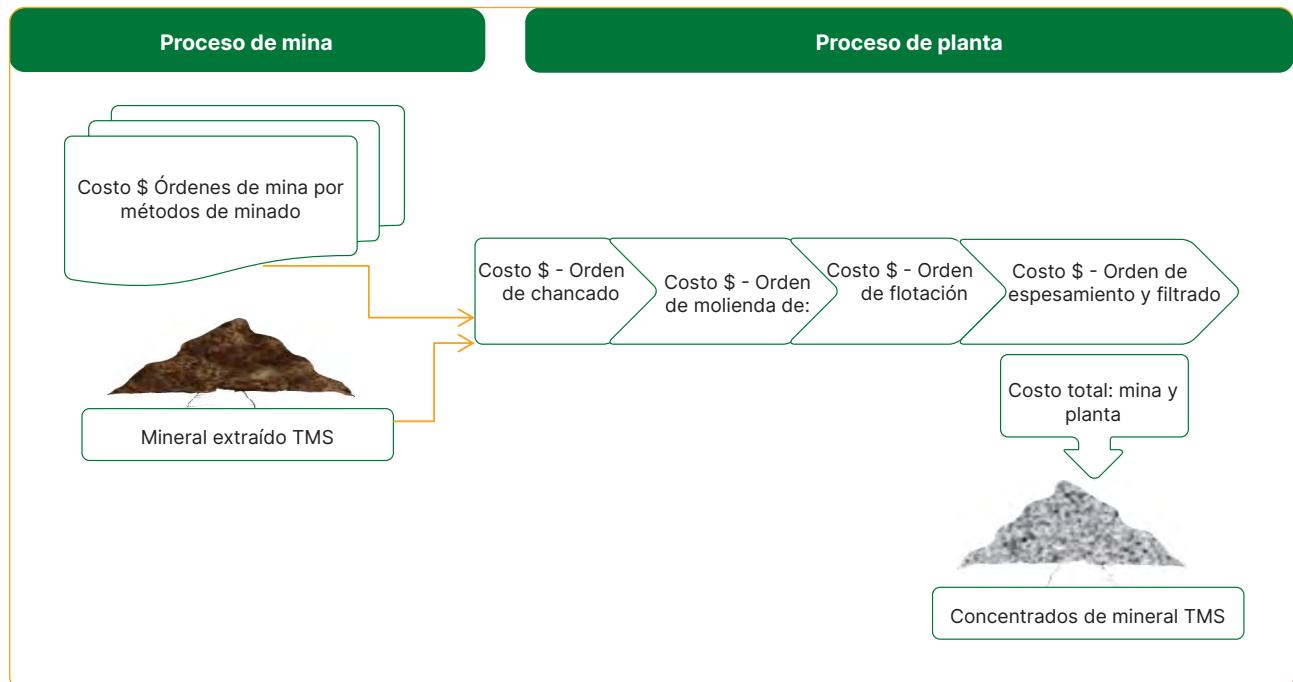


TABLA 7

Mineral tratado	TM	152,375
Costo total del periodo	USD	7,698,846
Costo Unitario	USD/TM	50.53
CONCENTRADOS PRODUCIDOS		
Zinc	TMS	4200
Contenido zinc	%	52.50%
Plomo	TMS	2000
Contenido de plomo	%	43.90 %
Contenido de plata	oz/t	65
Cobre	TMS	1,500
Contenido de cobre	%	22.50 %
Contenido de plata	oz/t	0

TABLA 8

INGRESO ESTIMADO POR LA FUTURA VENTA DE CONCENTRADOS

Concentrado de zinc	TM	4,200
	USD/TM	974.50
	USD	4'092,900
Concentrado de plomo	TM	2,000
	USD/TM	2,565.25
	USD	5'130,500
Concentrado de cobre	TM	1,500
	USD/TM	1669
	USD	2'503,500
TOTAL : Zinc, plomo y cobre		11'726,900
Contribución económica %		
Concentrados de zinc		34.9 %
Concentrados de plomo		43.7%
Concentrados de cobre		21.3%
		100.0%

TABLA 9

ASIGNACIÓN DEL COSTO TOTAL Y DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS

Costo total	USD	7'698,846
Costos de concentrados de zinc		
Contribución económica	%	34.9%
Costo asignado	USD	2'687,036
Concentrado producido	TMS	4,200
Costo unitario	USD/TMS	639.77
Costos de concentrados de plomo		
Contribución económica	%	43.7%
Costo asignado	USD	3'368,233
Concentrado producido	TMS	2,000
Costo unitario	USD/TMS	1,684.12
Costos de concentrados de cobre		
Contribución económica	%	21.3%
Costo asignado	USD	1'643,577
Concentrado producido	TMS	1,500
Costo unitario	USD/TMS	1,095.72

2.5. Costos y rentabilidad por método de minado

Este modelo de costos por órdenes de proceso puede proporcionar valiosa información para evaluar la contribución económica de cada método de minado, partiendo de los costos identificados y su correspondiente valor en ingresos que reporta el mineral extraído y procesado.

En el cuadro que se presenta a continuación se puede apreciar la participación operativa de cada método de minado, así como su correspondiente contribución económica mediante el análisis de la rentabilidad.

Ver cuadro 1

Se aprecia lo siguiente en esta operación minera de referencia:

- Se explota la mina empleando seis métodos de minado identificados como M102, M104, M105, M106, M108 y M109.
- La explotación (extracción y procesamiento) total del período asciende a 1 037 977, en la cual el M102 aporta 61.43%, el M108, 13.38%; y otros con menor porcentaje.
- Mediante este modelo de costos se han determinado los costos unitarios de producción por cada método de minado, incluyendo costos

de los procesos de producción (mina y planta), costos de distribución y la asignación de gastos administrativos corporativos.

- Dependiendo de la calidad del mineral extraído por cada método, se ha calculado el valor del mineral (por tonelada), es decir, el ingreso que se calcula obtener cuando este mineral sea procesado en la planta concentradora y se consigan los concentrados. Los métodos M109 y M106 reportan el mayor valor de mineral respecto al preponderante M102.
- Teniendo los costos e ingresos, se puede apreciar la rentabilidad a nivel de dólares por tonelada métrica, así como la relativa expresada en porcentajes. Se aprecia que el que aporta la mayor rentabilidad es el M102 (43%), seguido del M108 (23.95%).

Esta evaluación será importante para la planificación de la producción, considerando el aporte de mineral extraído de cada método, sus costos asociados y rentabilidad obtenida, a efectos de evaluar la mejor combinación para la explotación minera.

Cuadro 1. Resumen de rentabilidad por método de minado

Descripción	Unidad	M102	M104	M105	M106	M108	M109	Total Unidad
Minado	US\$/tm	11.62	66.09	22.29	28.81	30.82	14.14	19.13
Preparación	US\$/tm	4.40	6.75	2.65	3.86	6.68	0.12	4.51
Desarrollo	US\$/tm	5.93	5.95	6.05	6.06	5.95	6.60	5.97
Planta	US\$/tm	7.38	7.24	7.43	7.34	7.31	7.14	7.36
Costos de distribución	US\$/tm	0.33	0.43	0.48	0.54	0.46	0.71	0.39
Soporte administrativo corporativo	US\$/tm	2.47	2.46	2.46	2.45	2.47	2.34	2.47
Total	US\$/tm	32.12	88.92	41.35	49.07	53.69	31.05	39.83
Valor del mineral	US\$/tm	52.58	109.28	61.46	95.76	105.36	199.84	61.77
Rentabilidad	US\$/tm	20.46	20.36	20.11	46.69	51.67	168.79	
Rentabilidad	US\$ (000)	13,043	854	2,248	4,419	7,175	2,217	29,956
Rentabilidad	%	43.54%	2.85%	7.51%	14.75%	23.95%	7.40%	100.00%
Producción	Ton mineral	637,589	41,947	111,816	94,636	138,857	13,132	1,037,977
Producción	%	61.43%	4.04%	10.77%	9.12%	13.38%	1.27%	100.00%

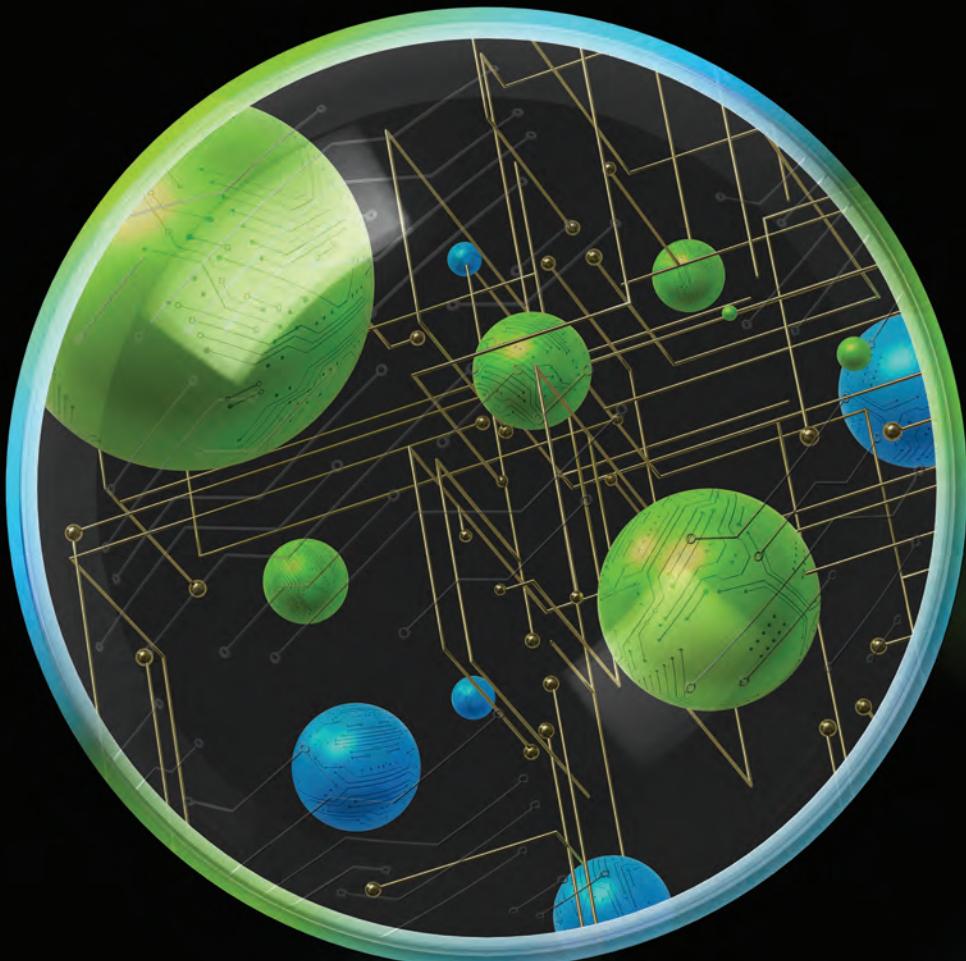


SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA



Capítulo 5

Aplicación práctica de los costos de producción



Más allá de lo esperado

Cumplir con las expectativas es el punto de partida de nuestros servicios.

Reuniendo mentes brillantes, procesos eficaces y tecnologías de clase mundial de toda nuestra organización global, y aprovechando nuestros años de experiencia, nos esforzamos por crear un impacto que vaya más allá de lo esperado.

Descubre como ir más allá

www.deloitte.com/pe

Capítulo 5

Aplicación práctica de los costos de producción

En el capítulo anterior se desarrolló el marco conceptual de los modelos de gestión de costos que se aplican en minería, distinguiendo: I) Por procesos basados en las actividades, y, II) Por órdenes de proceso para una operación que tiene diversos métodos de explotación, es decir, orientado a una mina subterránea.

Según las definiciones y estructuras de ambos modelos, uno de los principales objetivos es la acumulación y el control de los costos generados por el uso de los recursos en las actividades productivas, mediante acumuladores de costos como centros de costos u órdenes de proceso. Esto permite la visualización de los costos a niveles agregados por los procesos productivos de mina, planta, lixiviación, fundición y refinería o detallados a nivel de actividades u órdenes de producción específicas.

El siguiente objetivo, luego de la acumulación de los costos y su correspondiente análisis y validación, corresponde a asignar o dar un valor a los productos mineros, sean estos refinados o concentrados de mineral. En términos contables, hablamos del "costeo de los productos".

En el presente capítulo se presentan dos casos de aplicación práctica que tienen como objetivo confirmar y mostrar cómo a partir de la acumulación de los costos operativos con los modelos de gestión de costos presentados en el capítulo 4, se llega a la determinación general del costo de producción y se concluye con el posterior costeo (asignación de este) hacia los productos mineros.

1. Costos por procesos basados en las actividades

El caso de aplicación práctica considera una operación minera integrada que llega hasta la producción de cobre refinado, por ello sus procesos incluyen el minado (a tajo abierto), el procesamiento de mineral en la planta concentradora, la fundición de los concentrados y el proceso final de refinería para la obtención de cátodos de cobre.

Según la teoría de costos, estos se clasifican como costos directos e indirectos en función de cómo se asignan. Los costos directos se causan y se

reflejan por lo general en los procesos productivos (mina, planta, lixiviación, fundición, refinería) y los indirectos corresponden a las áreas que dan soporte a las operaciones productivas, los cuales se conocen como costos indirectos y de administración. Para la valuación de los inventarios, es necesario que los costos indirectos se asignen sobre bases razonables a los costos directos acumulados en los procesos productivos, para luego ser distribuidos a las unidades producidas.

1.1 Determinación del costo de producción

Los costos de producción deben estar registrados conforme al principio de consistencia en el tratamiento de partidas similares; para ello se utilizan las clases de costos o elementos de gasto. Estos a su vez deben estar asignados a los centros de costos correspondientes dentro de cada proceso productivo y facilidades de apoyo o servicios comunes (costos indirectos).

Una vez concluido el mes, se cuenta con toda la información necesaria para determinar el costo total de producción del período, el cual, luego del proceso de distribución de los costos indirectos, queda finalmente consolidado en las unidades de producción.

Para propósito del caso práctico que se desarrolla en el presente acápite, se exemplificará un proceso productivo integrado que consta de los siguientes procesos:

- Mina
- Planta concentradora
- Planta de fundición
- Planta de refinería

1.2 Costos indirectos y su distribución

Para determinar los costos de producción y la posterior determinación del costo por producto y la valuación de los inventarios, es necesario realizar previamente la distribución de los costos indirectos a las unidades de producción.

Los costos indirectos comprenden los costos de los servicios auxiliares, los costos de las áreas administrativas de soporte a la producción y los costos de las áreas de mantenimiento.

La acumulación de costos indirectos de producción se hace durante un período en cuentas organizadas en centros de costos que identifican a cada una de las unidades de servicio ubicadas en las áreas de producción. Al cierre de cada período, estos costos se asignan a las unidades principales de producción usando factores de distribución relacionados con el concepto por distribuir.

Por ejemplo, en mantenimiento el factor de distribución es la carga de trabajo (Ejemplo: número de órdenes de mantenimiento atendidas o número de horas dedicadas a cada área); mientras que en el caso de los costos de las áreas administrativas puede ser el número de personas de cada unidad productiva.

Los valores asignados a cada uno de estos factores de distribución se actualizan periódicamente según su definición.

En el siguiente cuadro se presentan algunas bases de distribución de los costos indirectos.

1.3. Costos por procesos

COSTO DISTRIBUIBLE	BASE DE DISTRIBUCIÓN (DRIVERS)
COSTOS INDIRECTOS	
Gastos administrativos	Número de personas.
Servicios operativos	Número de personas.
Servicios de mantenimiento	Proporción de órdenes atendidas por área
OTROS COSTOS	
Energía	Consumo en Kwh.
Agua	Galones consumidos.
Laboratorio	% sobre la base de valor estándar de ensayos.

Para parte del proceso se crean centros de costos que acumulan estos en subprocesos o flotas, de tal manera que permita luego analizar los costos, determinar indicadores de desempeño y tomar decisiones.

En el siguiente cuadro se presenta un ejemplo de la estructura de costos de producción por procesos para un proceso productivo integrado que abarca desde la extracción del mineral, el procesamiento en la planta concentradora, la fundición y refinación de mineral para obtener cátodos refinados como producto final. *Ver tabla 1.*

1.4. Costos por elementos de gasto

Los costos de producción también se presentan por elementos de gastos a nivel total o dentro de cada proceso. Esta agrupación permite evaluar y analizar cuál es el elemento de gasto con mayor incidencia

en los costos dentro de un proceso, conocer su tendencia en el tiempo y compararlo con períodos anteriores y con el presupuesto.

En el siguiente cuadro se presenta un ejemplo de estructura de costos de producción por los principales elementos de gastos para un proceso productivo integrado, que abarca desde la extracción del mineral, el procesamiento en la planta concentradora, la fundición del concentrado y la refinación de ánodos para obtener cátodos refinados como producto final. *Ver tabla 2.*

1.5. Costeo de los productos mineros

Una vez determinado el costo total de producción del período, se procede con la valorización de los inventarios y el cálculo del costo de ventas de los diferentes productos de la empresa.

Para el caso de ejemplo que se desarrolla, los productos a valorizar son:

- Planta concentradora: concentrado de cobre
- Planta de fundición: ánodos de cobre
- Planta de refinería: cátodos de cobre refinado

La valorización de inventarios de productos en proceso y productos terminados se determina en función del costo unitario de producción promedio del mes (puede ser también al costo unitario promedio de los últimos 12 meses).

Siguiendo con el caso de ejemplo, para determinar el valor de los inventarios y el costo de ventas, es necesario considerar la secuencia del proceso de producción y efectuar la valuación de los siguientes conceptos:

- Producción de concentrado de cobre
- Inventario final del concentrado de cobre en planta concentradora
- Inventario del concentrado de cobre en proceso en fundición
- Costo de ventas del concentrado de cobre vendido.
- Concentrados de cobre fundidos
- Inventario de ánodos de cobre en proceso en fundición
- Costo de ventas de ánodos de cobre vendidos.
- Inventario final de ánodos de cobre en fundición.
- Inventario de cátodos de cobre en proceso en refinería.
- Inventario final de cátodos refinados de cobre.

Los costos de producción correspondientes a la mina, la planta concentradora, la fundición y la refinería se obtienen del cuadro de costo de producción por procesos presentado en el acápite 1.3. Al costo de producción se le debe sumar la variación de los inventarios en cada proceso.

Para el cálculo de los costos unitarios de producción se usa la información de los tonelajes de producción y de inventarios que proporciona el área de producción. En el caso del costo unitario de ventas, se emplean las unidades vendidas que proporciona el área comercial.

En el siguiente cuadro se presenta un ejemplo de la determinación del costo de ventas y la valorización de los inventarios en un proceso integrado de

producción de cobre. Los costos unitarios de producción y del costo de ventas se expresan por libras de cobre (contenido). **Ver tabla 3.**

El cuadro anterior muestra la combinación e integración de la producción minera e inventarios iniciales o finales que reportan los complejos

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR PROCESOS - JULIO 2025

TABLA 1

COSTOS POR PROCESO - MINA		Miles US\$
1.1 Exploración y desarrollo de la mina		300
1.2 Perforación y voladura		1,800
1.3 Carguío		2,400
1.4 Acarreo		11,400
1.5 Servicios auxiliares		4,600
TOTAL		24,600
COSTO POR PROCESO - CONCENTRADORA		Miles US\$
3.1 Recepción de minerales		100
3.2 Chancado		3,700
3.3 Molienda		3,700
3.4 Flotación		1,100
3.5 Espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados		800
3.6 Desagüe y recuperación de agua		600
3.7 Disposición de relaves		300
Gastos generales y costos indirectos operación		4,800
TOTAL		15,100
COSTO POR PROCESO - FUNDICIÓN		Miles US\$
5.1.1 Recepción, muestreo y preparación de concentrados		100
5.1.2 Fusión de los concentrados		700
5.1.3 Conversión de mata		700
5.1.4 Pirorrefinación y moldeo de ánodos		1,600
Gastos generales y costos indirectos operación		1,300
TOTAL		4,400
COSTO POR PROCESO - REFINERÍA		Miles US\$
6.1.1 Recepción y manipuleo de ánodos		100
6.1.2 Proceso de electrorrefinación		400
6.1.3 Obtención del cátodo producido (cosecha)		600
Gastos generales y costos indirectos operación		240
TOTAL		1,340
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN		45,400

COSTO DE PRODUCCIÓN POR ELEMENTOS DE GASTO - JULIO 2025**TABLA 2**

COSTOS POR ELEMENTO - MINA		Miles US\$
Mano de obra		2,300
Combustibles y energía		5,300
Llantas		800
Materiales		10,800
Contratistas y otros		2,700
Indirectos		2,700
TOTAL		24,600
COSTOS POR ELEMENTO - CONCENTRADORA		
Mano de obra		1,100
Bolas		1,100
Materiales		5,100
Agua		300
Contratistas		600
Combustibles y energía		3,500
Indirectos		3,400
TOTAL		15,100
COSTOS POR ELEMENTO - FUNDICIÓN		
Mano de Obra		600
Combustibles y energía		1,100
Materiales		1,700
Contratistas		110
Indirectos		890
TOTAL		4,400
COSTOS POR ELEMENTO - REFINERÍA		
Mano de Obra		300
Combustibles y energía		200
Materiales		360
Contratistas		440
Indirectos		40
TOTAL		1,340
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN		45,440

TABLA 3

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE VENTAS Y VALUACIÓN DE LOS INVENTARIOS			
Producción de cobre Refinado			
Julio 2025 - Miles de dólares	Miles Lbs de CU	DOLARES	C.U./Libra
Cobre en CONCENTRADORA			
Inventario inicial de concentrado	7,312	10,176	1.39168
Costo de la mina	24,600	24,600	
Costo de la concentradora	25,368	15,100	0.59524
Total costo del concentrado producido	25,368	39,700	0.59374
Concentrado enviado a fundición	29,711	45,230	1.52232
Inventario final de concentrado	2,969	4,646	1.56496
Cobre en FUNDICIÓN			
Inventario inicial en proceso	5,696	7,929	1.39293
Concentrado recibido	29,711	45,230	1.52232
Recirculante de refinería	2,294	3,000	1.30902
Sub - Total recibido	32,652	45,230	1.38620
Sub - Total	38,584	49,307	1.36280
- Inventario final en concentrados	2,765	3,830	1.38520
- Inventario final en proceso	632	875	1.38520
Concentrado vendido	35,187	44,602	1.38202
Costo de Fundición	4,400	4,400	1.59100
Concentrados fundidos	25,511	39,777	1.55920
Pérdida metalúrgica	(449)	(449)	
Producción de ánodos	25,062	39,777	1.58741
Inventario inicial de ánodos	276	412	1.50311
Ánodos enviados a Refinería	21,624	34,320	1.58741
Ánodos vendidos	0	0	
Inventario final de ánodos	3,695	5,869	1.58823
Cobre en REFINERÍA			
Inventario inicial	18,018	23,122	1.28327
Ánodos recibidos de fundición	21,624	34,320	1.58714
Transferencias y pérdida metalúrgica	(4,600)	(4,600)	
Costo de refinería	1,340	1,340	
Sub - Total	35,042	58,782	1.67748
Cátodos producidos	18,888	33,049	1.75049
Inventario final en proceso	16,154	25,733	1.59301
INVENTARIO DE CÁTODOS REFINADOS			
Inventario inicial de cátodos	1,499	1,541	1.54131
Cátodos vendidos	18,888	33,049	1.74957
Sub - Total	19,868	34,548	1.73957
Inventario final de cátodos	3,194	5,556	1.73947
Cátodos vendidos	16,666	28,992	1.73817
Total cobre vendido (concentrado + ánodos + cátodos)	26,106	42,068	1.61143

productivos con los costos operativos del periodo y la secuencia que se sigue para el costeo de los

productos en cada proceso, hasta llegar al producto final: cátodo de cobre.

2. Costo basado en órdenes de producción:

En los conceptos descritos en el capítulo 4 se desarrollará a continuación una aplicación práctica y flujo de registro de los costos de producción de una operación de mina por método de minado y órdenes de procesos.

Los costos han sido correctamente registrados en los acumuladores de costos (cecos, órdenes) y por tanto reflejan el resultado de las operaciones de la compañía. Se presentará un proceso de asignación y/o distribución de costos para obtener el costo de producción a las órdenes de mina y planta, las que están identificadas por órdenes y método de minado.

- Empresa:** Minera Andes S. A. C.
- Mineral tratado:** Polimetálico (Pb-Zn-Cu)
- Proceso productivo: Mina subterránea
- Métodos de minado:** SLS y OCF
- Sistema de costeo:** Por órdenes de producción

Sublevel Stoping (SLS): Es un método de minado subterráneo que excava grandes cavidades (tajeos) en cuerpos mineralizados verticales o subverticales de gran espesor.

TABLA 4

	Cecos	Indirectos	Órdenes	Total
Mina				
Mano de obra	336,970	203,012	-	539,983
Servicios contratistas	143,171	86,140	1,276,022	1,505,333
Suministros	223,448	46,731	1,118,698	1,388,877
Energía	242,307	17,969	-	260,276
Transporte	53,973	42,822	692,368	789,163
Mantenimiento	106,971	28,532	-	135,503
Alquiler	78,441	78,875	127,936	285,252
D&A	650,992	-	-	650,992
Otros	22,623	133,570	87,736	243,928
Planta				
Mano de obra	154,411	87,005	-	241,416
Servicios contratistas	64,845	36,917	-	101,762
Suministros	102,519	20,028	888,521	1,011,068
Energía	182,857	7,701	-	190,558
Transporte	4,833	18,352	-	23,185
Mantenimiento	12,141	12,228	-	24,369
Alquiler	15,229	33,804	-	49,032
Administrativo	230	-	-	230
D&A	184,610	-	-	184,610
Otros	16,066	57,244	-	73,310
Costo Total	2,596,636	910,930	4,191,280	7,698,846

Over Cut and Fill (OCF): Es un método de minado subterráneo que consiste en extraer el mineral en tajadas o cortes horizontales, avanzando de abajo hacia arriba en una veta o cuerpo mineralizado, y rellenando el espacio vacío para dar soporte al techo y permitir la continuación del ciclo de minado.

Se ha tomado de referencia los costos totales que menciona el capítulo 4 párrafo 2.2 para la aplicación práctica del costo por procesos y método de minado por desarrollar:

Proceso	SAP CeCo	SAP Orden	SAP Total
Mina	1,858,895.63	3,302,758.94	5,161,654.57
Planta	737,740.47	888,521.07	1,626,261.54
Indirectos	910,930.16	-	910,930.16
TOTAL	3,507,566.26	4,191,280.01	7,698,846.27

2.1 Costo por elemento de costos

En el cuadro podemos apreciar los costos acumulados por elementos de costo en los grupos de cecos y órdenes de producción al cierre de un período contable en los procesos de mina y planta:
Ver tabla 4.

2.2 Detalle de los costos directos por órdenes de producción de mina:

Se detallan los principales gastos por suministros y servicios asignados a las órdenes de producción de mina. *Ver tabla 5*

2.3 Distribución de los costos por drivers:

Luego de tener los costos acumulados en los cecos, se procede a distribuir en los distintos

grupos de cecos con los drivers de gestión definidos con la operación. Estos son asignados hacia las órdenes de producción de mina (órdenes secundarias) de acuerdo con la actividad y/o proceso correspondiente.

Cada orden de producción secundaria recibe el costo distribuido de los cecos de mina y planta, respectivamente. A su vez, el costo de las órdenes secundarias se acumulan hacia la orden principal que tiene la entrega del mineral extraído. *Ver tabla 6*

TABLA 5

611	Suministros	Material	Descripción Material	M01010 Voladura	M01019 Voladura	M01027 Voladura	M01035 Voladura
200002	TUBO PVC SAL 2"X3M RIGIDO 54X1.3MM			18,248	8,988	11,014	5,425
300000	EXPLOSIVO EMULNOR 500 1-1/8X12"			13,461	6,630	7,097	3,495
300004	EXPLOSIVO EMULNOR 3000 1-1/4X12" CJ X 94			87,764	43,227	201,143	99,070
300005	EXPLOSIVO EMULNOR 5000 1-1/2X12"			-	-	4,143	2,040
300006	CORDON DETONANTE/5P			6,452	3,178	6,833	3,365
300007	EXPLOSIVO EMULNOR 3000 1-1/2X12"			-	-	9,194	4,528
300008	TUBO PVC SAL 1-1/2"x3.5M (VOLADURA)			7,902	3,892	20,358	10,027
300011	EXPLOSIVO EMULNOR 1000 1-1/8X12"			63,944	31,495	60,714	29,904
300014	CARMEX INICIADOR/CORDON DETONANTE 2.10ML			2,509	1,236	2,900	1,428
600014	CUERDA ESTANDAR DE BLOQUEO VOLADURA ROJO			1,015	500	1,464	721
600025	CUERDA ESTANDAR DE BLOQUEO PELIGRO ROJO			2,029	1,000	732	360
300023	FANEL MS 4.80 m Nº 003 - 1.1B			310	153	75	37
300024	FANEL MS 4.80 m Nº 004 - 1.1B			993	489	408	201
300025	FANEL MS 4.80 m Nº 005 - 1.1B			491	242	116	57
				205,120	101,029	326,189	160,660

611	Suministros	Material	Descripción Material	M01014 Relleno	M01023 Relleno	M01031 Relleno	M01039 Relleno
2001036	ACOPLE 4" HDPE VIC 995			7,169	3,531	16,402	8,079
2001039	ACOPLE VICTAULIC HDPE 10" ESTILO 995			10,198	5,023	-	-
2003481	SOGA NYLON 1/2"			-	-	2,197	1,082
2003533	BARRA CORRUGADA 1/2" 9M			-	-	3,012	1,484
2003536	BARRA CORRUGADA 3/8" 9M			-	-	2,248	1,107
2003541	TUBO PVC SAL 4"X3M RIGIDO 105X1.7MM			-	-	20,256	9,977
2004537	ELECTRODO SOLDADURA SUPERCITO 4MM			4,570	2,251	-	-
2004557	ELECTRODO SOLDADURA CELLOCORD P 4MM			2,285	1,125	-	-
2004559	ELECTRODO SOLDADURA CELLOCORD AP 3.25MM			4,601	7,266	-	-
2004808	AMARRACABLE CINTILLO NYLON 7.6X430MM			-	-	408	201
2006290	VÁLVULA COMP 2" D151 PN20			-	-	2,561	1,261
2006291	VÁLVULA COMP 4" D151 PN20			-	-	20,256	9,977
2009036	CADENA ESLABONADA 1/4" GALVANIZADA G30			-	-	21,651	10,664
2002083	TUBO HDPE 4" SDR-11 PE-80 NEGRO			-	-	31,037	15,287
2002093	TELA ARPILLERA PP NEGRO 92 GR/M2			8,124	4,002	37,177	18,311
2002400	PERNO AC SAE1045 COCHE 1/2X2-3/4" GR5UNC			-	-	-	-
6000285	CINTA REFLECTANTE VERDE 2" 50YD			2,534	1,248	-	-
6000286	CEMENTO-Shotcrete			24,619	7,126	30,981	15,259
				64,100	31,572	188,186	92,688

SIGUE TABLA 5

638	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01009 Perforación	M01018 Perforación	M01026 Perforación	M01034 Perforación
		45034708	METRO PERFORADO CON ACEROS - PERSONAL	1,780	877	2,205	1,086
		45034717	METRO PERFORADO CON ACEROS	10,804	5,321	17,996	8,863
		45035146	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	142,998	70,432	157,153	77,404
		45005147	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	2,572	1,267	3,755	1,849
		45035149	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	51,181	25,209	108,916	53,645
		45005150	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	2,194	1,080	42,436	20,901
				211,530	104,186	332,461	163,750

638	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01011 Acarreiro	M01020 Acarreiro	M01028 Acarreiro	M01036 Acarreiro
		45035146	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	124,803	61,470	84,541	41,640
		45035147	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	2,245	1,106	2,020	995
		45035149	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	44,665	21,999	58,587	28,856
		45035150	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	1,915	943	22,831	11,245
		45035151	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	5,852	2,883	7,661	3,773
				179,480	88,401	175,640	86,509

638	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01012 Sostenimiento	M01021 Sostenimiento	M01029 Sostenimiento	M01037 Sostenimiento
		45034438	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	17,681	8,709	26,014	12,813
		45034717	METRO PERFORADO CON ACEROS	767	378	468	230
		45034834	SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE	65,864	32,440	43,888	21,616
		45034850	SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE	1,280	630	881	434
		45035142	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	15,705	7,735	28,563	14,069
		45005300	SERVICIOS GENERALES MINA	1,263	622	552	272
				102,560	50,515	100,366	49,434

631	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01013 Transporte	M01022 Transporte	M01030 Transporte	M01038 Transporte
		45034397	TRANSPORTE DE MINERAL Y DESMONTE	38,752	19,087	34,459	16,973
		45034720	TRANSPORTE DE MINERAL Y DESMONTE	23,066	11,361	33,957	16,725
		45035055	TRANSPORTE DE MINERAL Y DESMONTE	26,640	13,121	18,149	8,939
				88,458	43,569	86,565	42,637

638	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01015 Servicios	M01024 Servicios	M01032 Servicios	M01040 Servicios
		45034178	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	5,761	2,838	7,649	3,767
		45004181	SERVICIO LABOREO MINERO ETAPA 2	4,308	2,122	5,719	2,817
		45004403	SERVICIO LABOREO MINERO	41,211	20,298	36,815	18,133
				51,280	25,257	50,183	24,717

638	Servicios	Cod Servicio	Descripción Servicio	M01015 Bombeo	M01024 Bombeo	M01032 Bombeo	M01040 Bombeo
		45034178	ARRENAMIENTO DE BOMBAS	2,564	1,263	10,037	4,943
		45004181	LABOREO MINERO	23,076	11,366	15,055	7,415
				25,640	12,629	25,091	12,358

TABLA 6

Drivers- Distribución cecos				
Grupo Cecos	Monto	Drivers	UM	Cantidad
Explotación	1,030,118	Producción	TM	152,375
Preparación	530,667	Avance	M	2,000
Mantenimiento	135,503	Equipos	HR	4,500
Planilla	539,982	Cant Personal	HC	600
Energía	260,276	Consumo	KWH	1,387,795
Total Ceco Mina	2,496,546			

Órdenes Producción				Costo Distribuido			
M01017	M01026	M01034	M01042	M01017	M01026	M01034	M01042
61,200	30,225	40,800	20,150	413,737	204,334	275,825	136,222
842	331	477	350	223,385	87,915	126,523	92,844
1,894	746	1,073	787	57,040	22,449	32,307	23,707
222	152	192	35	199,887	136,499	172,363	31,233
584,192	229,915	330,883	242,805	109,563	43,120	62,056	45,537
				1,003,612	494,317	669,074	329,543

En el siguiente cuadro podemos visualizar la distribución de los costos de mina cuyo origen son cecos y órdenes, luego de la ejecución del proceso de distribución y/o reparto de costos, mina, planta.

Como se puede apreciar en el ejemplo, estamos aplicando dos métodos de minado y notando que

el método de minado *Sublevel Stoping (SLS)* es menor al método de minado *Over Cut and Fill (OCF)* de TMS/US\$ 31.57 a TMS/US\$ 47.89. De aquí la importancia de gestionar los costos por órdenes de proceso, a fin de analizar cada actividad minera en beneficio de la toma de decisiones gerenciales.

Ver tabla 7.

COSTO MINA- Tabla 7

Orden principal	Orden secundaria	Actividad	Método de Minado	TN	Costo cecos	Costo Orden	Total Costo	Total TMS/ US\$
M01017			SLS	61,200	1,003,612	928,167	1,931,779	31.57
M01017	M01009	Perforación	SLS		228,724	211,530	440,254	
M01017	M01010	Voladura	SLS		221,793	205,120	426,913	
M01017	M01011	Acarreo	SLS		194,069	179,480	373,548	
M01017	M01012	Sostenimiento	SLS		110,896	102,560	213,456	
M01017	M01013	Transporte	SLS		95,648	88,458	184,106	
M01017	M01014	Relleno	SLS		69,310	64,100	133,410	
M01017	M01015	Servicios	SLS		55,448	51,280	106,728	
M01017	M01016	Bombeo	SLS		27,724	25,640	53,364	

SIGUE TABLA 7

M01026				30,225	494,316	457,157	951,473	31.48
M01026	M01018	Perforación	SLS		112,655	104,186	216,841	
M01026	M01019	Voladura	SLS		109,241	101,029	210,270	
M01026	M01020	Acarreo	SLS		95,586	88,401	183,987	
M01026	M01021	Sostenimiento	SLS		54,621	50,515	105,135	
M01026	M01022	Transporte	SLS		47,110	43,569	90,679	
M01026	M01023	Relleno	SLS		34,138	31,572	65,709	
M01026	M01024	Servicios	SLS		27,310	25,257	52,568	
M01026	M01025	Bombeo	SLS		13,655	12,629	26,284	
<hr/>				<hr/>				
M01034				40,800	669,075	1,284,681	1,953,756	47.89
M01034	M01026	Perforación	OCF		173,149	332,461	505,611	
M01034	M01027	Voladura	OCF		169,882	326,189	496,071	
M01034	M01028	Acarreo	OCF		91,475	175,640	267,115	
M01034	M01029	Sostenimiento	OCF		52,271	100,366	152,637	
M01034	M01030	Transporte	OCF		45,084	86,565	131,650	
M01034	M01031	Relleno	OCF		98,009	188,186	286,195	
M01034	M01032	Servicios	OCF		26,136	50,183	76,319	
M01034	M01033	Bombeo	OCF		13,068	25,091	38,159	
<hr/>				<hr/>				
M01042				20,150	329,544	632,753	962,298	47.76
M01042	M01034	Perforación	OCF		85,282	163,750	249,032	
M01042	M01035	Voladura	OCF		83,673	160,660	244,333	
M01042	M01036	Acarreo	OCF		45,055	86,509	131,564	
M01042	M01037	Sostenimiento	OCF		25,746	49,434	75,180	
M01042	M01038	Transporte	OCF		22,206	42,637	64,842	
M01042	M01039	Relleno	OCF		48,273	92,688	140,962	
M01042	M01040	Servicios	OCF		12,873	24,717	37,590	
M01042	M01041	Bombeo	OCF		6,436	12,358	18,795	

COSTO PLANTA- Sigue tabla 7

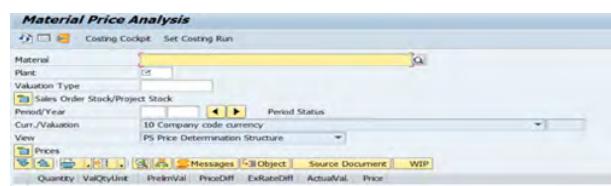
Orden principal	Orden secundaria	Actividad		TN	Costo cecos	Costo Orden	Total Costo	Total TMS/ US\$
P01007		CABEZA		152,375	1,011,020	888,521	1,899,541	12.47
P01007	P01001	Chancado			151,653	133,278	284,931	
P01007	P01002	Molienda			242,645	213,245	455,890	
P01007	P01003	PB Flotación			131,433	115,508	246,940	
P01007	P01004	Zn Flotación			313,416	275,442	588,858	
P01007	P01005	Pb Filtrado			90,992	79,967	170,959	
P01007	P01006	Zn Filtrado			80,882	71,082	151,963	

La compañía una vez que obtiene el costo total de producción procede al cálculo del co-producto, que permitirá la asignación del costo a cada producto terminado que se produce en planta. Esta valorización permitirá el reflejo del valor real de los inventarios (ML) y, por ende, el registro del costo de venta de la compañía al PU de cada producto.

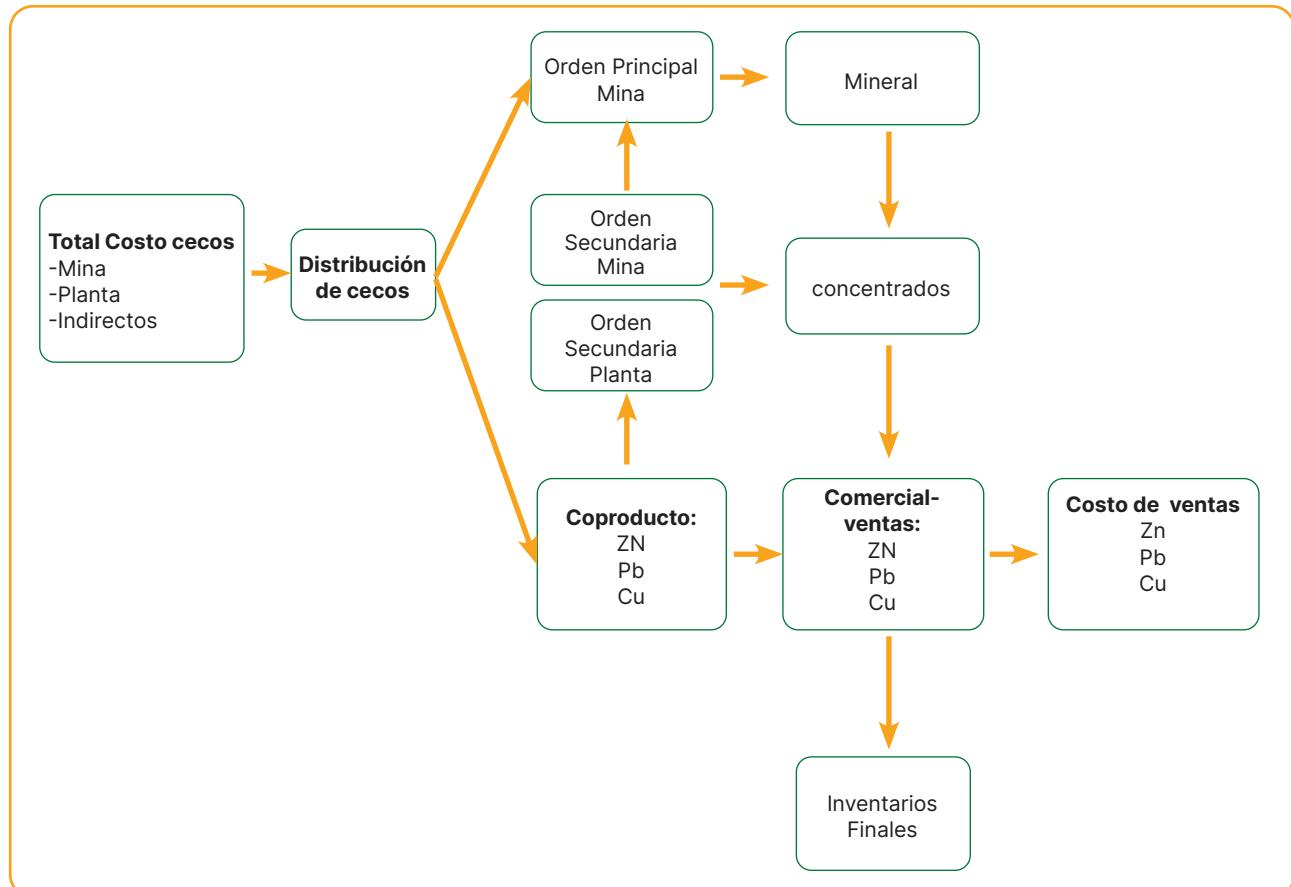
Distribución de coproducto y PU del inventario:

	TMS	%	Importe US\$	TMS/US\$
Zinc	4,200	34.90	2,687,036	640
Plomo	2,000	43.75	3,368,233	1,684
Cobre	1,500	21.35	1,643,577	1,096

Material Ledger- SAP



Flujo de proceso de costos SAP:



Costo de venta:

Ejemplo del registro de una venta de concentrado de zinc:

Datos:

Producto	Cant Venta	PU	Total US\$
Zinc	4,000	640	2,560,000

Asiento:

Cuenta	Debe	Haber
21 producto terminado	Zinc	2'560,000
69 costo de venta concentrado de zinc		2'560,000

Por la venta de 4,000TM al cliente



SOCIEDAD NACIONAL
DE MINERÍA, PETRÓLEO
Y ENERGÍA

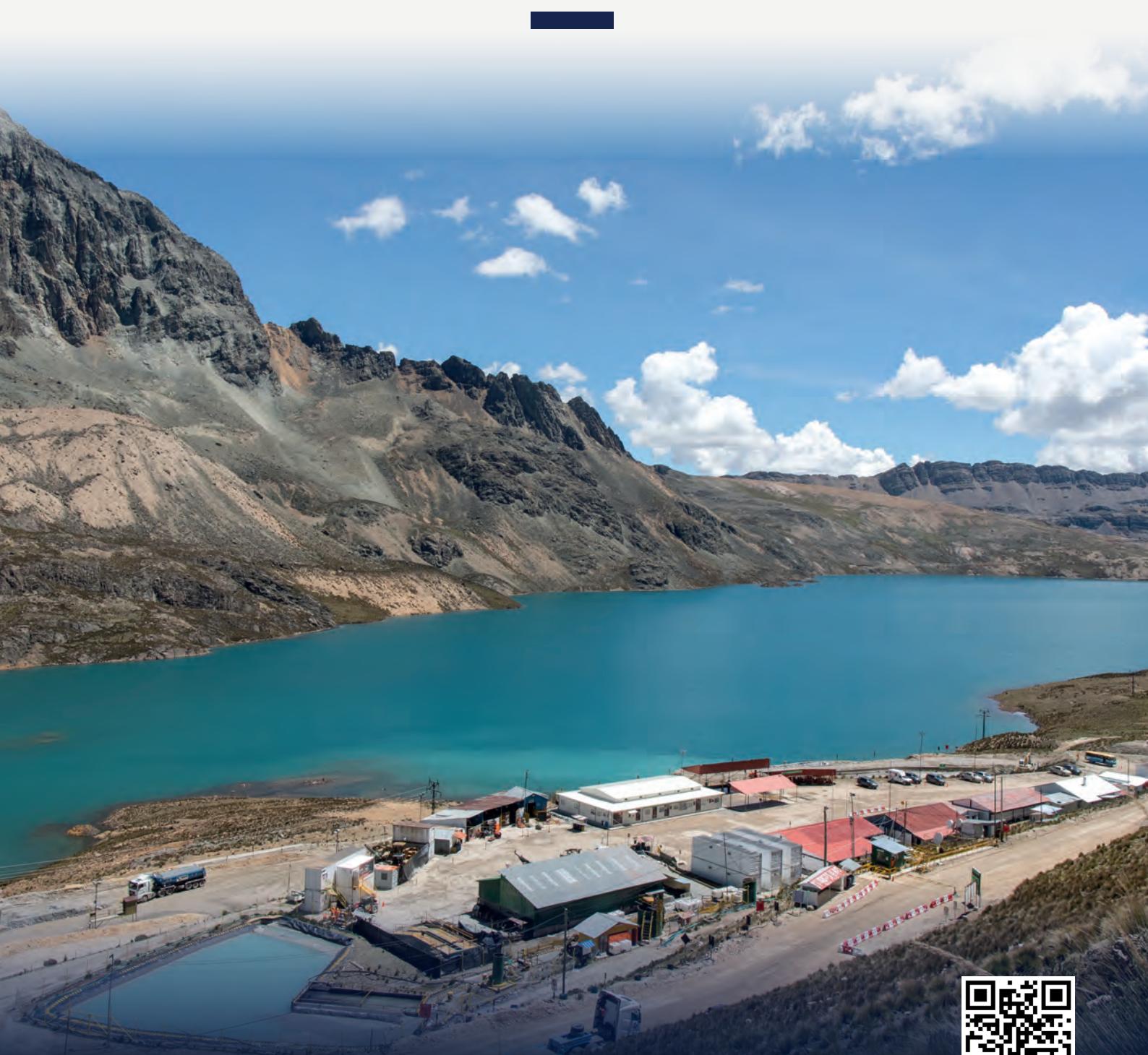


Capítulo 6

Herramientas para el
control de la gestión
de costos



¡En Volcan, seguimos avanzando!



Búscanos en nuestras Redes Sociales:



Volcan Compañía Minera



Volcan Compañía Minera



Volcan Compañía Minera

Capítulo 6

Herramientas para el control de la gestión de costos

En el capítulo 4 se han expuesto dos modelos básicos de costos aplicados a las operaciones mineras: el modelo de costo por procesos basados en las actividades y el modelo por órdenes de proceso, orientado principalmente a las operaciones de las minas subterráneas que aplican diferentes métodos de explotación para la extracción del mineral. Con la alimentación de ambos modelos, a medida que se desarrollan las operaciones se van acumulando los costos operativos denominados Opex para conformar los costos de los procesos de mina, planta, lixiviación, fundición y refinería, los cuales se complementan con los departamentos de apoyo que generan costos de indirectos-administrativos. Con el agregado de todos los procesos se conforma el costo de producción, el cual posteriormente es asignado a los productos mineros finales o en proceso, lo que se conoce como el "costeo de los productos". Este contenido resumido se ha complementado con el desarrollo de ejercicios numéricos trabajados en el capítulo 5.

El proceso posterior a lo indicado anteriormente está constituido por el análisis de la información disponible sobre los costos de las actividades y los recursos que han sido empleados. Esto con el objetivo de controlar los costos y el desempeño de los recursos, con lo cual se obtiene información importante para la permanente evaluación y optimización de los costos. En esa línea, el presente capítulo tiene el propósito de presentar algunos alcances relevantes de las principales herramientas que se emplean en la industria.

1. Presupuesto y variación real

La administración estratégica aplicada a las organizaciones empresariales se inicia por lo general con la implantación de un proceso de planeamiento, lo cual a su vez implica el recorrido y el desarrollo de las etapas de formular, implementar y evaluar las estrategias.

Como parte de la etapa de formulación de las estrategias, se define la visión y misión de la organización, luego, mediante un análisis de los factores externos e internos relevantes, se determinan las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades. En función de la visión, misión y este análisis externo e interno, llamado FODA (Fortalezas,

Oportunidades, Debilidades y Amenazas), es posible definir los objetivos de largo plazo y las principales estrategias para lograrlos.

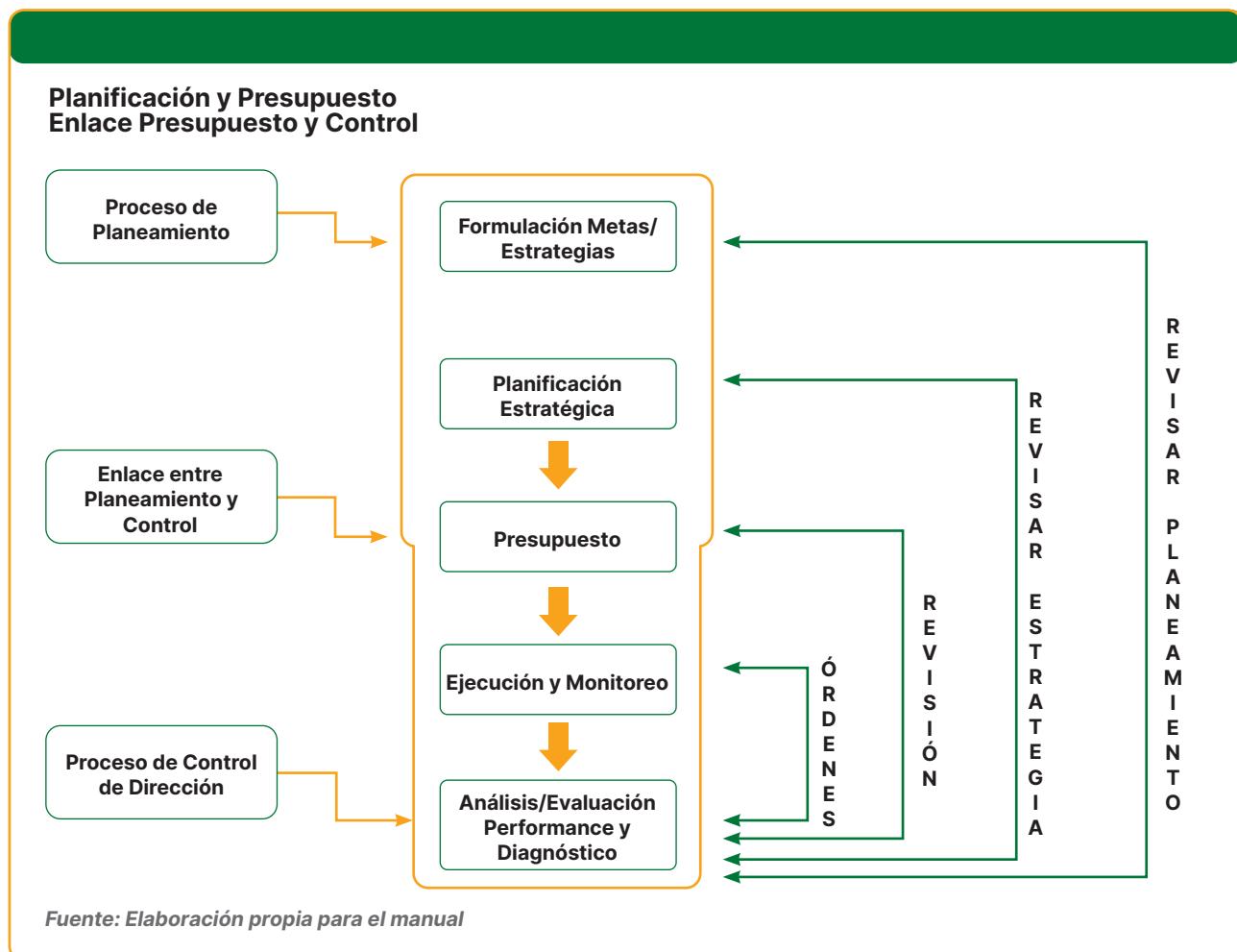
En la etapa de implementar las estrategias, distinguimos la definición de las políticas y objetivos anuales y la asignación de recursos para llevarlas a la práctica. Es precisamente en esta etapa de la planeación estratégica que aparecen y se aplican los presupuestos de gastos operativos (Opex) y financieros de un período anual.

Por último, en la etapa de medir y evaluar el desempeño, el propósito es conocer oportunamente si ciertas estrategias no están funcionando. Este proceso implica revisar los factores externos e internos base de las estrategias actuales, medir el desempeño de estas con un "set" de indicadores predefinidos y, por último, ejecutar las acciones correctivas que resulten de este análisis.

1.1 Base conceptual

Desde el punto de vista del control del planeamiento estratégico, el presupuesto desempeña una función muy importante, puesto que permite el enlace de la planificación estratégica con su ejecución y monitoreo. Es decir que mediante el presupuesto se puede plasmar metas operativas y financieras que conducen al logro de los objetivos anuales que emanen del planeamiento estratégico. Luego, mediante la asignación de recursos para cada área o actividad ejecutora, facilitar el control de su ejecución por determinados períodos intermedios del año (mes, trimestre, semestre), llegando a los niveles de detalle requeridos. Al respecto, como parte del análisis y evaluación de la performance, se puede concluir en cada caso, que las desviaciones entre lo planificado y lo ejecutado pueden llevar a revisar las estrategias generales, el planeamiento, la ejecución del presupuesto del año u órdenes específicas de la ejecución de las actividades.

Lo resumido en el párrafo anterior se puede ver el siguiente gráfico ilustrativo:



Habiendo ubicado a la herramienta de presupuestos como parte del proceso de planeamiento estratégico, específicamente en la etapa de la definición de las políticas y objetivos anuales y la asignación de recursos, hablaremos ahora sobre las bases conceptuales de esta herramienta de planificación.

En términos generales, se entiende como presupuesto a la “expresión cuantitativa de un plan de acción propuesto por la Gerencia para un período específico”. Asimismo, la elaboración del presupuesto ayuda a coordinar todo aquello que se necesita para implementar este plan.

El uso de presupuestos es fundamental para la planeación y el control de cualquier organización. Se requiere coordinar las acciones de diferentes gerentes y departamentos y garantiza el compromiso para lograr resultados. Asimismo, sirve para el posterior análisis de desempeño del negocio.

Con estas bases conceptuales en el marco del planeamiento estratégico y la definición de la herramienta del presupuesto, veamos seguidamente cómo se aplica en la industria minera.

Desde el punto de vista económico, se preparan y gestionan dos tipos de presupuesto: Presupuesto operativo o conocido también como Opex (*Operating Expenditure*) y el presupuesto de inversiones de capital denominado Capex (*Capital Expenditure*). Para esta parte del manual nos centraremos en el análisis del Opex.

Desde el punto de vista financiero, y con base en los presupuestos operativos indicados anteriormente, se preparan y gestionan los Estados Financieros proforma (estimados), constituidos por el Estado de resultados, Flujo de efectivo (*Cash flow*) y Estado de situación financiera.

Presupuesto Operativo (Opex)

Un presupuesto operativo se genera en función de un plan de producción anual, que, dependiendo del grado de integración de la empresa minera, puede estar conformado por un plan de minado (extracción de mineral), plan de tratamiento de mineral en una planta concentradora o mediante procesos de lixiviación, plan de fundición y/o refinación.

El presupuesto operativo, como se indicó anteriormente, es la expresión cuantitativa de un plan de acción. Por ello se debe planificar la cantidad de recursos en una determinada unidad monetaria (por lo general en una moneda funcional: dólar), necesario

para ejecutar las actividades de los procesos que implican los planes de producción indicados. Al respecto, el Opex está conformado por el costo que representan los siguientes procesos y actividades:

Proceso de Producción & Costos

Proceso de Mina

Actividades:

- Perforación & Voladura
- Carguío
- Transporte (Camión & Ferrocarril)
- Caminos y Botaderos
- Preparación
- Servicios Auxiliares
- Sostenimiento & Relleno

Proceso de Planta

Actividades:

- Chancado
- Molienda & Clasificación
- Flotación
- Espesamiento & Filtrado
- Disposición de Relaves
- Transporte

Proceso de Fundición

Actividades:

- Preparación de concentrados
- Fundición
- Reverberos & Convertidores
- Moldeo

Proceso de Refinería

Actividades:

- Planta de ánodos
- Planta Electrolítica

Proceso de Producción & Costos

Proceso de Lixiviación

Actividades:

- Heap Leaching
- Dump Leaching
- Extracción por solventes
- Electrowining

Soporte a los procesos productivos

Actividades:

Indirectos Operativos

- Taller Mecánico & Eléctrico
- Departamento de Transportes
- Mantenimiento de vías
- Suministros de agua fresca
- Planta de aguas residuales

Indirectos Administrativos

- Servicios médicos
- Relaciones industriales
- Protección de Plantas
- Colegios
- Campamentos

Gastos Administrativos

- Recursos Humanos
- Contratos & Servicios
- Contabilidad & Auditoría
- Relaciones Públicas / Comunidades
- SAS
- TI

COSTO DE PROCESOS = COSTO DE PRODUCCIÓN

1.2 Desarrollo del método de análisis

Habiendo definido el papel del presupuesto en el proceso de planeamiento y dados los alcances en particular del presupuesto operativo (Opex), el análisis está constituido por la comparación de los costos planificados y los costos reales ejecutados. De esta comparación que puede tener un corte mensual, trimestral, acumulado del año, etcétera, se determinan las variaciones totales a nivel agregado por procesos o entrando al nivel de las actividades específicas que lo conforman o al nivel de recursos individuales. Esto dependerá del enfoque, las prácticas y la necesidad de análisis de la organización.

Desde una perspectiva de análisis y evaluación agregada, se trata de explicar la conformación y la determinación del **costo de producción**, sea por un análisis orientado a los costos de los procesos, o la naturaleza de los costos llamados “**elementos de gastos**”, así como las revisiones cruzadas de procesos y naturaleza de gasto. El costo de producción se puede visualizar por los costos de los procesos o naturaleza de gasto, conforme se ilustra en la figura siguiente:



Para hacer posible este análisis es fundamental diseñar en los respectivos sistemas de información los reportes periódicos comparativos de costos “**Plan Real**”, que muestren las variaciones a nivel de proceso/actividad y por naturaleza de gastos.

Una vez obtenidos los reportes que muestran las variaciones de los costos planeados con los costos reales, la parte más importante y rica del análisis está constituida por las explicaciones o justificaciones de estas variaciones, exponiendo las principales razones que las determinaron y

explican. Este proceso involucra la interrelación del desempeño de las actividades de los procesos productivos con sus respectivos costos.

Algunos pasos por seguir para este análisis son los que se indican y comentan a continuación:

Clasificar los costos planificados, desde la perspectiva de su comportamiento en variables y fijos

Es importante esta clasificación, puesto que los costos variables están ligados directamente a los niveles de producción planificados sobre bases técnicas u operativas que luego se requieren confirmar con la ejecución y la medición real. De esta manera, las desviaciones en los niveles de producción o condiciones técnicas de cada actividad pueden explicar, a su vez, las variaciones en costos.

Por ejemplo, podemos citar el manejo de los Indicadores de performance, con base en los cuales se relaciona el recurso por emplear (mano de obra, materiales/insumos, servicios, energía, etcétera) con el nivel de producción planificado, que al reportar alguna variación impacta también en los costos variables.

Otro factor que puede explicar las variaciones de costos es la eficiencia en el empleo de los recursos planificados, medida en los Indicadores de performance. Por ejemplo, puede haberse planificado el uso de 100 kilos de cemento para llenar un metro cúbico en una zona explotada de una operación minera subterránea. Sin embargo, en la ejecución podría haberse empleado 120 kilos por metro cúbico, lo cual reflejará un mayor consumo de este recurso, que tendrá una razón técnica y que, a su vez, impactó en un aumento del consumo y costo del cemento del período. Lo mismo puede suceder con otros indicadores de desempeño que se gestionan en otras actividades:

Proceso	Actividad	Indicador
Minado	Perforación y disparos	Kilos de explosivos por cada tonelada volada
Planta	Molienda	Kilos de bolas de molienda por cada tonelada procesada
Minado	Carguío – Hora de equipo	Galones/litros de combustible para una hora de operación del equipo.

En el punto 2 de este capítulo se tratará sobre la gestión y el manejo de costos con indicadores o ratios de consumos de materiales que generan costos variables.

Por su parte, respecto a las variaciones de los costos fijos, que no están directamente relacionados con los niveles de las actividades

productivas, las respuestas a sus variaciones deben encontrarse en factores distintos, tales como el sobredimensionamiento, la variación de precios de los recursos, actividades no planificadas, etcétera.

Determinar variaciones ocasionadas por el costo (precio) de los recursos.

Algunas de las variaciones de costos no se deben a los niveles de producción, condiciones técnicas o el uso eficiente de los recursos, sino al comportamiento de los “**costos o precios**” de los recursos empleados en una actividad por un período determinado; vale decir, mano de obra, insumos y materiales, servicios mineros, energía, etcétera. Por ello resulta importante identificar y aislar este tipo de variaciones, con el fin de determinar si son ocasionadas por factores externos no manejables por la empresa (por lo general, materiales o insumos que son o tienen dependencia de **commodities**), o en su caso si es factible establecer estrategias en la cadena de abastecimiento para lograr su control. Desde otra perspectiva, también es fundamental determinar también en contrario los ahorros en costos ocasionados por precios de los recursos. El objetivo de establecer y aislar las variaciones motivadas por el precio de los recursos es no “castigar” o “premiar” a un gestor de recursos y costos, por factores que no controla.

Enfocarse en las variaciones relevantes

Seguramente observando los reportes de comparación de costos planeados con los costos reales, se determinará una apreciable cantidad de variaciones. Ante esta situación se aconseja poner los esfuerzos de análisis y justificaciones en las variaciones de costos por montos más relevantes, dejando de lado o destinando menos tiempo o esfuerzo a las variaciones que no ameritan. En esa línea se puede establecer los siguientes criterios:

- Pareto de costos: Con pocas variaciones explicar al menos el 80% del total
- Variaciones de costos de actividades predefinidas: Esto con base en su sensibilidad o demanda de costos significativos
- Decidir el análisis entre variaciones absolutas y/o relativas.

1.3. Aplicación práctica

Habiendo sentado las bases conceptuales y desarrollo de esta herramienta de análisis, a continuación, se presentan los reportes gerenciales que comparan los costos planeados vs. los costos reales del proceso de mina y planta de la Empresa Minera El Misti S. A. por el período de agosto del 2025. **Ver cuadro 1 y 2**

Basados en los reportes de variaciones de costos se puede comentar los siguientes aspectos:

Proceso de minado:

Se aprecia que los costos reales son menores al presupuesto en USD (000) 441, los cuales se pueden analizar desde la perspectiva del proceso o el elemento de gasto. En la variación de los costos directos de los procesos, vemos que existe un incremento de USD (000) 221 en la actividad de perforación y disparos, pero que fue compensado con ahorros de costos del transporte por ferrocarril USD (000) 326 y supervisión USD (000) 165. Por el lado de los costos administrativos indirectos, se obtuvo un menor costo de USD (000) 137 que contribuyó al ahorro total del mes. Estas son las variaciones más significativas sobre las cuales se debe trabajar en su justificación y/o explicación.

Orientando el análisis a las variaciones de costo por Elemento o naturaleza de gastos, los ahorros de costos se aprecian en el menor costo de combustibles y los suministros para reparaciones que suman USD (000) 354.

Proceso de planta concentradora:

En este caso, los costos reales son mayores en USD (000) 353 respecto de los costos planificados. Analizando los costos directos de este proceso, se aprecia que las principales variaciones se generan en las actividades de chancado USD (000) 154 y molienda USD (000) 419. Hay una compensación en un menor costo de la actividad de flotación de USD (000) 95.

Respecto al análisis de las variaciones de los elementos de gasto, se aprecia que el mayor costo está relacionado con el consumo de los suministros de reparación, lo cual tiene una correlación con el incremento de los costos de chancado y molienda.

Cabe indicar que, para propósitos de este manual, se ha presentado este análisis agregado por actividades. No obstante, en una práctica real de análisis de variaciones, el nivel puede bajar a variaciones de Centros de costos o responsabilidad con sus respectivos elementos de gasto.

2. Indicadores de performance (KPI)

Conforme se indicó en el punto anterior, gran parte de las actividades plenamente operativas se gestionan mediante el uso de Indicadores de performance o desempeño (Key Performance Indicadores –KPI). Por lo tanto, mediante ellos se generan y miden los consumos de materiales y servicios, los cuales a su vez causan los costos variables.

CUADRO1

Empresa minera - El Misti S.A.
Planta concentradora
Reporte comparativo de costos

US\$,000	Ago-25		
	PLAN	REAL	VARIACIÓN
DATOS DE PRODUCCIÓN			
MINERAL EXTRAÍDO	Ton Cortas	1,690,000	1,550,452
DESMONTE	Ton Cortas	4,110,833	4,379,139
TOTAL MATERIAL MOVIDO	Ton Cortas	5,800,833	5,929,591
MINERAL ENVIADO A CHANCADO	Ton Cortas	1,590,000	1,550,452
DÍAS DE OPERACIÓN	DIAS	30	30
CANTIDAD DE TRABAJADORES		581	581
RATIO DESMONTE / MINERAL		2.65	2.82
COSTO POR PROCESOS			
PERFORACIÓN Y DISPAROS		450	651
CARGUÍO		557	526
TRANSPORTE POR FERROCARRIL		760	434
TRANSPORTE POR VOLQUETE		1,493	1,575
CAMINOS Y BOTADEROS		138	155
SUPERVISIÓN		553	388
TOTAL COSTO DIRECTO		3,951	3,729
INDIRECTOS OPERATIVOS		245	193
INDIRECTOS ADMINISTRATIVOS		494	475
FERROCARRIL INDUSTRIAL		22	15
PUERTO		5	1
GASTOS ADMINISTRATIVOS		938	801
CRÉDITO : ACTIVO POR DESMONTE		-2,481	-2,481
TOTAL COSTO DE MINA		3,174	2,733
COSTO POR ELEMENTOS			
MANO DE OBRA DE OPERACIÓN		487	413
MANO DE OBRA DE REPARACIÓN		327	314
COMBUSTIBLES		713	574
SUMINISTROS DE OPERACIÓN		148	84
SUMINISTROS DE REPARACIÓN		1,418	1,203
EXPLOSIVOS		236	320
LLANTAS		282	420
ACEROS DE PERFORACIÓN		64	144
CONTRATISTAS		80	53
CABLES		20	26
AGUA FRESCA		10	13
ENERGÍA		169	165
INDIRECTOS OPERATIVOS		244	193
INDIRECTOS ADMINISTRATIVOS		494	475
CRÉDITO POR STRIPPING CAPITALIZADO		-2,481	-2,481
TRANSPORTE		27	16
GASTOS ADMINISTRATIVOS GENERALES		936	801
TOTAL COSTO MINA		3,174	2,733

CUADRO 2

Empresa minera - El Misti S.A.
Planta concentradora
Reporte comparativo de costos

US\$,000	Ago-25		
	PLAN	REAL	VARIACIÓN
DATOS DE PRODUCCIÓN			
DÍAS DE OPERACIÓN	DÍAS	30	30
MINERAL TRATADO	Ton Cortas	1,590,000	1,544,192
LEY DE CABEZA		0.65	0.69
COBRE EN EL MINERAL TRATADO	Libras	20,670,000	21,433,385
CONCENTRADOS PRODUCIDOS	Ton Cortas	33,000	33,759
GRADO DE COBRE EN LOS CONCENTRADOS	%	27.00%	27.22%
COBRE EN LOS CONCENTRADOS PRODUCIDOS	Ton Cortas	8,900	9,189
RECUPERACIÓN DEL PROCESO	%	86.10%	85.74%
COSTOS POR PROCESOS			
CHANCADO		524	678
MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN		1,504	1,923
FLOTACIÓN		484	389
RETRATAMIENTO		199	178
MANEJO DE AGUAS		297	256
RELAVES		254	355
PLANTA DE MOLIBDENO		285	286
SUPERVISIÓN		216	192
TOTAL COSTOS DIRECTOS		3,763	4,257
COSTOS OPERATIVOS INDIRECTOS		95	78
COSTOS ADMINISTRATIVOS INDIRECTOS		191	192
COSTOS DE TRANSPORTE		423	338
GASTOS ADMINISTRATIVOS		364	324
TOTAL COSTO DE CONCENTRADORA		4,836	5,189
COSTOS POR ELEMENTOS			
MANO DE OBRA DE OPERACIÓN		220	240
MANO DE OBRA DE MANTENIMIENTO		111	101
COMBUSTIBLES		170	114
SUMINISTROS DE OPERACIÓN		85	57
SUMINISTROS DE REPARACIÓN		457	1,014
BARRAS Y BOLAS DE MOLIENDA		706	671
REAGENTES Y REACTIVOS		130	110
CONTRATISTAS		41	45
SISTEMA DE RELAVES		132	195
CAL		120	97
ENERGÍA		1,261	1,288
AGUA FRESCA		45	39
PLANTA DE MOLIBDENO		285	286
COSTOS OPERATIVOS INDIRECTOS		95	78
COSTOS ADMINISTRATIVOS INDIRECTOS		191	192
COSTOS DE TRANSPORTE		423	338
GASTOS ADMINISTRATIVOS		364	324
TOTAL COSTO DE CONCENTRADORA		4,836	5,189

En esta sección abordaremos, en particular, sobre los conceptos y aplicación práctica en las actividades mineras.

2.1. Base conceptual del análisis

Un **indicador de performance o KPI**, que viene del inglés *Key Performance Indicator*, o **indicador clave de desempeño**, mide el nivel del desempeño de un proceso, enfocándose en el “cómo” e indicando qué tan buenos son los procesos, de forma que se alcance el objetivo fijado.

Los indicadores clave de desempeño son las métricas financieras o no financieras, utilizadas para cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de una organización, y que generalmente se recogen en su plan estratégico.

Los KPI suelen estar vinculados a la estrategia de la organización (ejemplificadas en las técnicas como las de cuadro de mando integral). Los KPI permiten que los ejecutivos de alto nivel comuniquen la misión y visión de la empresa a los niveles jerárquicos más bajos, involucrando directamente a todos los colaboradores en la realización de los objetivos estratégicos de la empresa.

Cualquier organización debe estar en la capacidad de identificar sus KPI. Los factores clave para esto son los siguientes:

- ✓ Tener definidos de antemano secuencias de actividades relacionadas definidas como procesos de negocio
- ✓ Tener claros los objetivos de rendimiento requeridos para cada uno de los procesos de negocio previamente definidos.
- ✓ Disponer de medidas cuantitativas o cualitativas de los resultados y debe ser posible compararlos con los objetivos inicialmente trazados.
- ✓ Disponer de mecanismos para investigar variaciones y en función de esto poder ajustar procesos o recursos para alcanzar las metas de corto plazo establecidas.

Cuando se definen los KPI se tiene que considerar que deben reunir las siguientes condiciones:

Especificos, Medibles, Alcanzables, Realistas y Temporalmente determinados (criterios SMART, por sus siglas en inglés).

2.2 Desarrollo del método de análisis

Los indicadores o drivers de costos son medidas que se establecen cuando se determina una relación entre la cantidad de un recurso necesario para

ejecutar una actividad, con un objetivo técnico o entregable de la actividad que luego se agrega a un proceso de negocio.

Desde el punto de vista de gestión con indicadores, lo fundamental es establecer claramente la relación técnica del uso del recurso con la ejecución la actividad requerida para un determinado nivel de producción u objetivo específico esperado. Basados en esta relación técnica, se determina inicialmente la cantidad requerida del recurso en la unidad de medida que corresponda, la cual al multiplicarse con sus respectivos costos unitarios da como producto el costo total variable de ese recurso para la actividad en cuestión.

A su vez obtenido el costo total variable puede dividirse entre un elemento de medición de la actividad. Por ejemplo, partiendo del análisis que relaciona el consumo de materiales explosivos con las toneladas de roca que deben ser voladas según un plan de minado, se puede establecer la cantidad de kilos de anfo (uno de los insumos básicos para la voladura) que se requiere para volar una tonelada de mineral en roca. Por lo tanto, la cantidad de consumo de anfo estará a su vez determinada por la cantidad de toneladas de roca que se ha planeado desprender de su estado natural para obtener el mineral y desmonte.

Este mismo análisis se puede efectuar con cualquier recurso por emplear en las actividades del proceso de producción minera, que será consumido teniendo un indicador de consumo. Esto constituye un driver o ratio de consumo que genera los costos variables.

Esta herramienta tiene como objetivo medir la eficiencia en el manejo de los recursos y en los costos.

Dependiendo de la cantidad de indicadores de gestión o drivers de costos que se hayan implementado en la organización, se podrá hacer un seguimiento a los costos variables generados por el uso de los recursos ligados directamente a las actividades. Entonces, el punto de partida para este análisis es efectuar un levantamiento o mapeo de los principales indicadores que se emplean para cada actividad o proceso.

Como ilustración podemos mencionar a los siguientes indicadores. **Ver tabla 1.**

TABLA 1

PROCESO DE MINADO	Unidades de Medida	Mes de Análisis	PROCESO DE CONCENTRACIÓN	Unidades de Medida	Mes de Análisis
Conductor del costo					
Mineral Extraído	t	54,606	Mineral Tratado	t	125,292
Actividades y Costos					
voladora					
Anfo	Kg	12,600	Barras de acero	Kg	43,033
	USD	8,046		USD	42,129
	USD/KG	0.639		USD/KG	0.979
	Kg/t	0.231		Kg/t	0.343
	USD/t	0.147		USD/t	0.336
Emulsión	pza	4,595	Molienda secundaria	Bolas de acero	Kg
	USD	2,006			10,000
	USD/pza	0.437		USD	9,880
	pz/t	0.084		USD/KG	0.988
	USD/t	0.037		Kg/t	0.080
				USD/t	0.079
Relleno con agregados					
Cemento	Kg	1,655,531	Flotación	Sulfato de cobre	Kg
	USD	214,487			130,603
	USD/KG	0.130		USD	243,437
	Kg/t	30.318		USD/KG	1.864
	USD/t	3.928		Kg/t	1.042
				USD/t	1.943
Relleno en Pasta					
Cemento	Kg	527,360	Flotación	Colector Xantato	Kg
	USD	68,384			12,057
	USD/KG	0.130		USD	22,316
	Kg/t	9.658		USD/KG	1.851
	USD/t	1.252		Kg/t	0.096
				USD/t	0.178

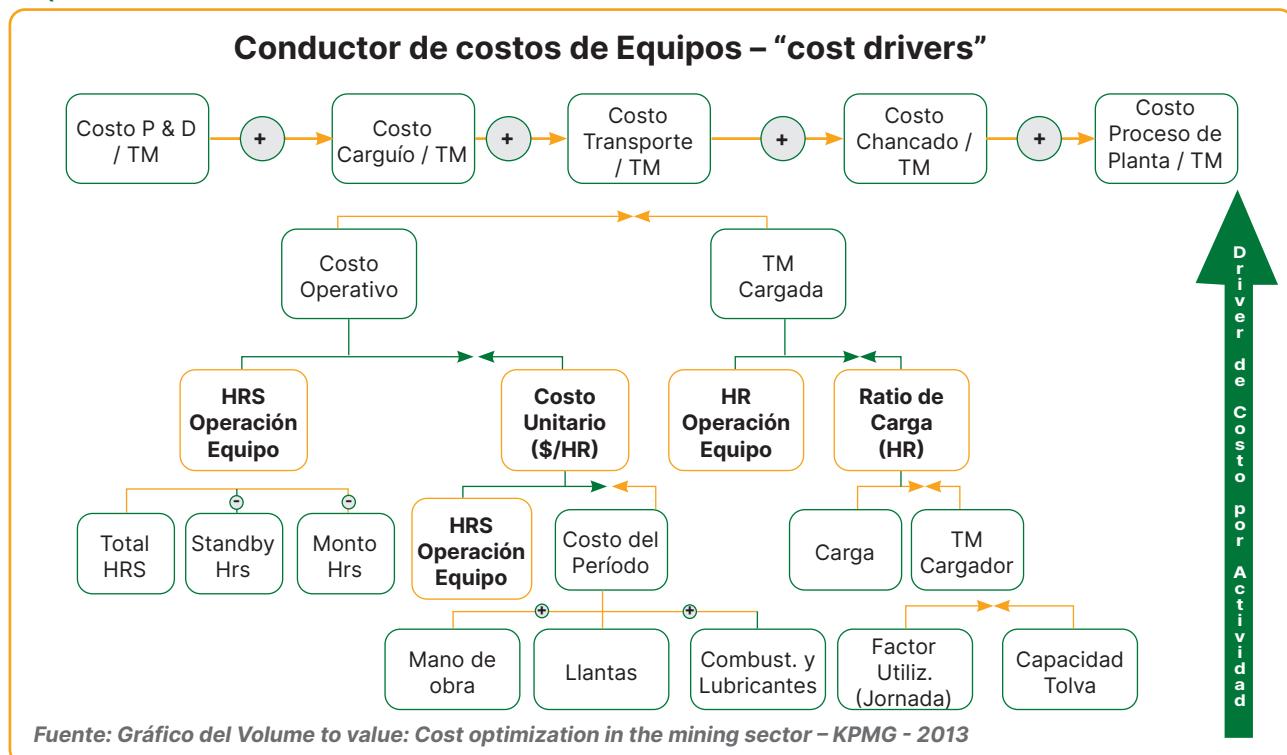
En esta selección de algunos indicadores de consumo de materiales (recursos) podemos apreciar lo siguiente:

Existen los niveles de actividad dados por la cantidad de toneladas de mineral extraído y tratado para los procesos de minado y concentración, respectivamente.

Con la teoría del costo variable se espera que el consumo de los materiales de las actividades indicadas tenga una relación directa con el nivel de producción. Por citar, se determina que la relación de consumo del anfo es de 0.23 kilos por cada tonelada de mineral extraída. Por lo tanto, el consumo de este suministro fue de 12,600 kilos, lo cual representa un costo variable total de USD 8,046. La misma lógica de análisis puede aplicarse para los demás indicadores.

Hemos visto en estos ejemplos los indicadores de consumo de materiales, pero también es regular la gestión de indicadores relacionados con la cantidad de horas que se requiere de un equipo para obtener un determinado nivel de producción. Esto a su vez puede generar indicadores relacionados con consumo de galones o litros de combustible que se necesite para la operación de una hora de un determinado equipo. Con la ayuda del siguiente gráfico podemos dar algunos alcances de lo indicado. *Ver esquema 1.*

ESQUEMA 1



Se aprecia que en el proceso productivo se han identificado las principales actividades que demandan costos significativos y que se desea controlar: Perforación y disparos, carguío, transporte por el lado de mina; chancado y otras actividades del proceso de planta.

Luego de esto, se muestra la descomposición del costo operativo según el nivel de actividad, en este caso toneladas de mineral cargadas. Con ello se puede establecer el respectivo **costo unitario de cada una de estas actividades**. Por ejemplo, el costo de combustible por tonelada de mineral cargado o el costo de energía eléctrica por tonelada de mineral chancado.

Respecto al costo operativo de los equipos que participan en esta actividad, apreciamos que se relacionan las horas de disponibilidad de los equipos con sus respectivos costos de operación. Con esto podemos obtener el **costo por hora** que representan el uso de los equipos.

Este análisis determina el uso de dos Indicadores o conductores de costos: toneladas cargadas y horas de equipo requeridas.

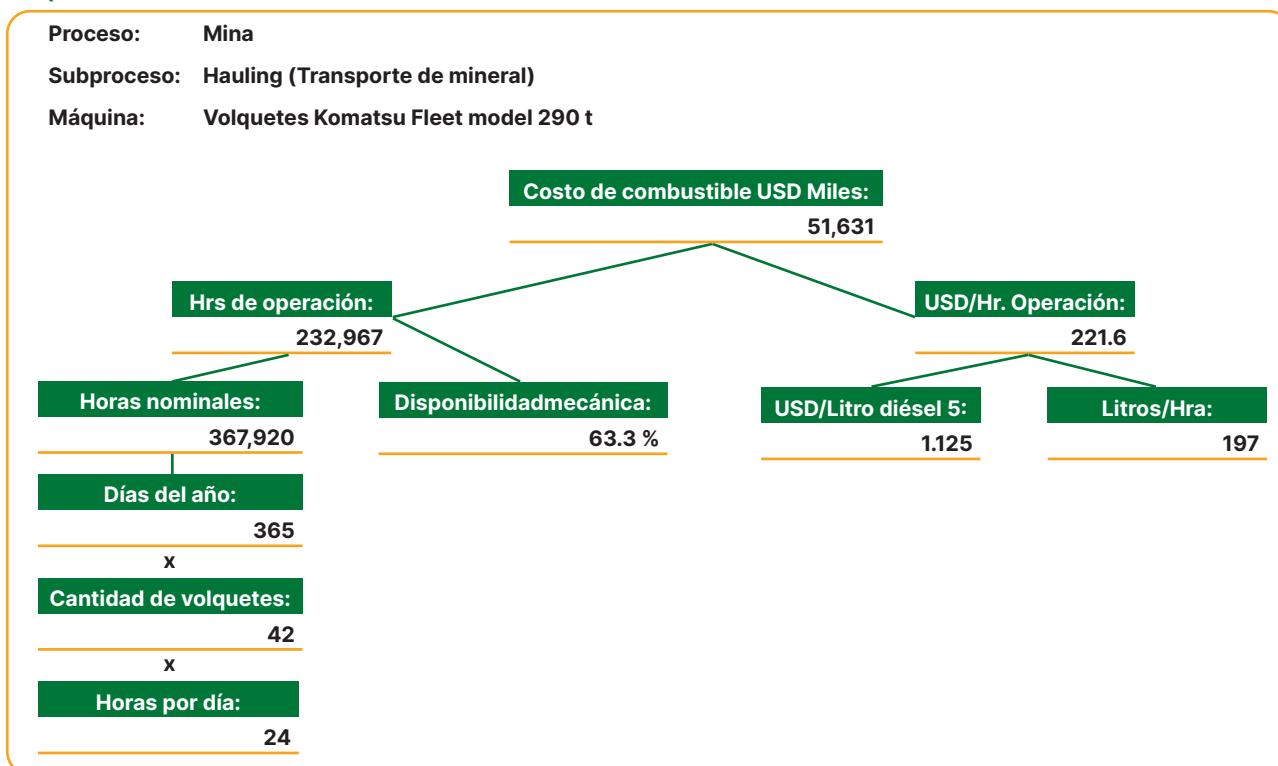
Las horas de uso de los equipos a su vez causan los costos de operación de los mismos y determinan el costo de la actividad de carguío.

Un análisis de costos con esta herramienta permitirá revisar el consumo de combustible o energía en su caso, mediante el indicador: **Costo por hora de operación de los equipos**.

2.3 Desarrollo práctico

Tomando como referencia la gestión de costos de equipos y sus respectivos indicadores de costos, se presenta a continuación una ilustración de la forma como se va conformando uno de los elementos significativos del costo de operación de equipos que se emplean para el transporte de mineral, desde la zona de operación hasta la planta de procesamiento. Hablamos específicamente del consumo y costo de combustible, que se determina mediante la relación de horas requeridas de operación y la cantidad de galones que estos equipos consumen en una hora de operación. **Ver esquema 2.**

ESQUEMA 2



3. Análisis de Precio, Volumen y Eficiencia (PVE)

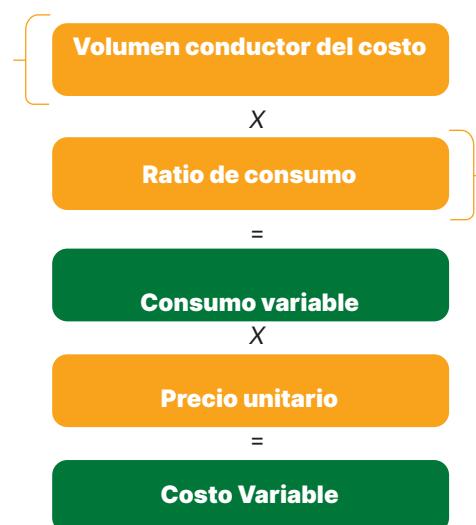
En los puntos anteriores se ha desarrollado el análisis de costos de la variación que resulta al comparar los costos presupuestados con los costos reales, además de un análisis basado en la gestión de indicadores o inductores de costos (costos unitarios). En esta parte, y como complemento, se desarrollará una metodología de análisis que incorpora ambos aspectos, por cuanto se parte de las variaciones de costos planeados con los actuales y posteriormente se plantea que estas variaciones se justifiquen y expliquen atribuyéndolas a tres factores: I) precio de los recursos empleados en las actividades. II) niveles de producción. III) la eficiencia en el uso de los recursos, que tiene relación directamente con los ratios/indicadores de consumo que determinan el costo variable.

3.1. Base conceptual del análisis

La metodología de Precio, Volumen y Eficiencia (PVE) es una herramienta de gestión de costos que permite analizar las variaciones de los costos operativos variables incluidos en el Opex, que se producen entre los costos planeados y los costos reales de un determinado periodo de corte. Estas variaciones pueden ocaionarse por efecto de:

- Variaciones de precios de los insumos variables
- Variaciones en los volúmenes de producción
- Variaciones relacionadas con eficiencias/sobrecostos

Esta metodología se enfoca principalmente en explicar la variación de los **costos variables** planeados respecto a los reales. El costo variable tiene esta estructura:



Nótese que para aplicar esta metodología es fundamental identificar todos los procesos o actividades productivas que requieren de un material o insumo, que a su vez se gestiona mediante un Ratio de Consumo (también conocido como driver o Key Performance Indicator) para determinados niveles de producción. Esto se traduce en calcular

mediante estadísticas de producción, requerimientos o estándares técnicos, una determinada unidad de consumo con la cual se mide y controla el material, respecto al requerimiento unitario para el desarrollo de la actividad o proceso. Podemos hablar por ejemplo de la cantidad de kilos de materiales de explosivos necesarios para realizar la voladura de una tonelada de mineral. Si estamos analizando el proceso de planta, podemos tener una ratio de consumo de kilos de bolas o barras de molienda que se requieren para procesar una tonelada de mineral. Si el proceso productivo requiere el uso del equipo, interesaría conocer una ratio de consumo de combustible o energía por cada hora de operación del equipo.

Los principales beneficios de esta metodología de análisis de los costos variables radican en los siguientes aspectos:

- Permite identificar la causa de las variaciones de costos en distintos escenarios: Real vs. Presupuesto/Real vs. Estimaciones (Forecast), para diferentes períodos de corte para el análisis: mes, año parcial a la fecha de corte, año completo.
- Permite un entendimiento y manejo de los drivers (Inductores de costo) que afectan los costos operativos.
- Permite un mayor y mejor análisis de los costos variables.
- Permite identificar iniciativas de ahorros.
- Sirve de base para entender mejor el presupuesto.
- Es aplicable tanto para unidades productivas y fundiciones o refinerías.

3.2. Desarrollo de la metodología

Para implementar este método de análisis, denominado PVE como herramienta de gestión de costos, resulta imprescindible seguir estos pasos independientemente si el soporte será dado mediante un software (proceso automatizado) u hoja de cálculo. Se tiene conocimiento que algunas compañías mineras en el Perú utilizan el software Hyperion Planning para obtener reportes de PVE.

Los pasos que se recomiendan seguir para la implementación de esta herramienta se enumeran a continuación:

- Hacer un mapeo de los procesos, estructura de centros de costo, cuentas contables y la clasificación de costos que tiene la compañía con el fin de entender los costos variables relevantes que se requiere analizar.
- Previamente al análisis de variaciones, se debe contar con reportes de costos operativos (Opex) que comparen los costos Actuales vs. Presupuestados o Estimados conforme a la clasificación estándar de costos que la compañía o la unidad de negocio maneje.
- La clasificación de agrupadores de costos comúnmente utilizada en el sector minero considera estas clases o elementos de costos:

I) Mano de obra. II) Servicios de contratistas. III) combustibles. IV) energía. V) materiales consumibles y de mantenimiento.

- Al respecto, es necesaria la definición de las categorías de costo relevantes basada en los cuentas contables o elementos de gasto conforme al Plan de cuentas de la compañía. El elemento de gastos debe ser jerarquizado y asignado a la categoría de costo requerida en el reporte de costos de la compañía.
- Alguna referencia de las categorías de costos y su agrupación de Elemento de gasto se muestran a continuación:

CATEGORÍA DE COSTOS	ELEMENTO DE GASTO
Mano de obra	530 – Sueldos y salarios 531 – Leyes sociales 540 – Beneficios sociales
Servicios de contratistas	380 – Contratistas mineros 390 – Contratistas no mineros
Combustibles	227 – Petróleo diésel 228 – Petróleo y gasolina
Energía	750 – Agua 700 – Electricidad 701 – Compra de gas natural 708 – Diésel para generación de energía 709 – Carbón
Consumibles	200 - Materiales generales 203 – Ladrillo, arena y cemento 206 – Bombas y deshidratación 210 – Fajas transportadoras 211 – Forros de molinos 212 – Tuberías y válvulas 213 – Suministros de electricidad y mecánica 216 - Reagentes, químicos y otros 217 – Flocculantes 220 – Ácido sulfúrico 223 - Explosivos – anfo 224 - Explosivos – emulsión 225 – Aceros de perforación 229 – Llantas y ruedas 236 – Cal 249 – Materiales para molienda

Definir reglas para la Identificación de costos variables, fijos y costos de mantenimiento. Un resumen puede verse en la tabla siguiente:

Código	Descripción	Tipo de costo
216	Reagentes y químicos	Variable
217	Floculantes	Variable
221	Explosivos y accesorios	Variable
223	Explosivos – anfo	Variable
224	Explosivos – Emulsión	Fijo
225	Aceros de perforación	Variable
226	Lubricantes y accesorios	Fijo
227	Combustible diésel	Variable
228	Petróleo, gasolina y otros	Fijo
229	Llantas, aros y accesorios	Variable
230	Líneas de trituración	Fijo
231	Molienda media – Otros	Variable

- Identificación de los drivers físicos relevantes por Centro de costo (Cost center) o por Elemento de costo (Expense element).

Centro de costo	Descripción	Driver físico	Descripción del driver
27301	Concentrador -Molienda	C 8000	Mineral molido (TM)
27301	Concentrador - Chancado	C 8001	Mineral chancado (TM)
28301	Acarreo	M 8501	Mineral minado (TM)
28301	Carguío	M 8505	Mineral minado (TM)
97622	Fundición	R_9503_3	Ánodos producidos (t)
97621	Refinería de ánodos	R_9503_2	Cátodos producidos (t)

Elemento de gasto	Descripción	Driver físico	Descripción del driver
700	Compra de electricidad	P_7503	Kilowatts por hora (Kw-hr)
229	Llantas	P_7507	Horas máquina (h-m)
223	Explosivos	P_7504	Total material roto (t)
249	Barras de molienda	P_7608	Total Material molido (dmt)

- Asegurar que los costos comparables Real vs. Estimado por ejemplo tengan el mismo nivel de detalle. Es decir, si se presupuestó costos por cada tipo de llantas o reactivos, los costos reales deben también ser cargados en esa estructura.

- Calcular las variaciones de costo a nivel de Centro de costo o Elemento de gasto según se crea conveniente para el análisis.

- ✓ **La variación precio** representa la diferencia entre el costo real y el presupuestado/estimado debido a la diferencia entre el precio ingresado de compra del insumo (Real) y el presupuestado/estimado.

- La variación precio se define como:

"(Precio Unitario Presupuestado/Estimado – Precio Unitario real) x Cantidad real x Ratio de consumo real"

- La variación precio no es favorable si el precio real por unidad excede el precio por unidad presupuestado/estimado, y es favorable si el precio real por unidad es menor que el precio por unidad presupuestado/estimado.

- ✓ **La variación volumen** representa la diferencia entre el costo real y el presupuestado/estimado debido solo a la diferencia entre el volumen de la actividad del conductor del costo presupuestado/estimado y la cantidad de la actividad real. (Ejemplos de conductores de costo: Toneladas movidas, toneladas molidas).

- La variación volumen se define como:

"(Volumen Real Presupuestado/Estimado – Volumen real) x Precio Presupuestado/Estimado x Ratio de consumo Presupuestado/Estimado"

- Una variación por volumen desfavorable indica que la actividad del período fue mayor que la actividad planeada (lo cual resulta en un mayor costo).

- ✓ **La variación eficiencia** representa la diferencia entre el volumen realmente usado y el volumen que debería haber sido usado por unidad del conductor de costo. Ejemplo: litros de combustible por tonelada movida.

- La variación eficiencia se define como:

"(Presupuesto/Estimado – Ratio de consumo real) x Precio Presupuestado/Estimado x Volumen real"

- La variación eficiencia no es favorable si la ratio de consumo excede la ratio de consumo presupuestado/estimado, y es favorable si ésta es menor que la ratio de consumo presupuestado/estimado.

3.3. Aplicación práctica

En este ejemplo partiendo de una variación de costos entre lo presupuestado y real, se calcula y explica la variación Precio, Volumen y Eficiencia relacionado con el proceso de voladura de mina. El conductor de costo es el mineral roto, la ratio de consumo son los kilogramos por tonelada minada y el precio unitario es \$/kg de explosivo. **Ver tabla 2**

TABLA 2

Proceso: Mina
Actividad: Perforación y disparos
Elemento de gasto: Explosivos

		Actual	Budget	Variación
Driver	Toneladas minadas	2,200	2,100	(100)
Ratio de consumo	kg/tn	5.5	5.8	0.3
Consumo variable	Kg	12,100	12,180	80
Precio unitario	\$/Kg	250	240	(10)
Costo variable	\$	3,025,000	2,923,200	(101,800)
Costo unitario	\$/tn	1,375	1,392	17
Efecto variación de precio		(121,000)		
Efecto volumen		(139,200)		
Efecto eficiencia		158,400		
Variación neta		(101,800)		

Variación precio

Se puede apreciar una variación precio desfavorable de 121,000 dólares. Esta variación se debe a que el Precio Unitario real empleado de \$ 250/kg fue mayor al Precio Unitario presupuestado de \$ 240/kg. La diferencia entre estos dos precios unitarios, multiplicado por el número real de unidades (kg. de explosivos) consumidas representa el componente de variación precio.

Variación eficiencia

Es favorable ya que la ratio de consumo real (kg. de explosivo/metro perforado) de 5.5 kg/metro fue menor que la ratio de consumo presupuestado de 5.8 kg/metro. La diferencia entre estas dos ratios

de consumo, multiplicado por el precio unitario presupuestado por la cantidad de volumen real (metros perforados) representa el componente de variación eficiencia.

Variación volumen

Es desfavorable en términos de costos debido a que se ejecutó un metraje mayor al presupuestado (2,200 vs. 2,100 presupuestado).

Analisis similares se podrían realizar para el caso del costo de consumo de las barras y bolas de molienda en el proceso de planta y el costo de consumo de cemento que se emplea para el relleno en una mina subterránea. *Ver tablas 3 y 4*

TABLA 3

PROCESO: Molienda
Elemento de Gasto: Barras y Bolas de Molienda

		Actual	Budget	Variación
Driver	Toneladas Tratadas	123,804	128,834	5,030
Ratio de consumo	kg/tn	0.226	0.170	(0.056)
Consumo variable	Kg	27,979.70	21,902	(6,078)
Precio unitario	\$/Kg	1.4	1.2	(0.200)
Costo variable	\$	39,172	26,282	(12,889)
Costo unitario	\$/tn	0.316	0.204	(0.112)
Efecto variación de precio		(5,596)		
Efecto volumen		1,026		
Efecto eficiencia		(8,320)		
Variación Neta		(12,889)		

TABLA 4

PROCESO: Mina Relleno Cementado
Elemento de Gasto: Cemento a granel

		Actual	Budget	Variación
Driver	Toneladas Tratadas en Volumen (M3)	50,000	52,000	2,000
Ratio de consumo	kg/m3	98	110	12
Consumo variable	Kg	4,900,000	5,720,000	820,000
Precio unitario	\$/Kg	0.144	0.135	(0.009)
Costo variable	\$	705,600	772,200	66,600
Costo unitario	\$/m3	14.112	14.850	0.738
Efecto variación de precio		(44,100)		
Efecto volumen		29,700		
Efecto eficiencia		81,000		
Variación neta		66,600		66,600

4. Value Tree Driver Model

El control de costos es una actividad crítica en la industria minera a escala mundial, ya que no solo está directamente relacionada con la eficiencia y la competitividad de la organización, sino que refleja también la calidad de la gestión de la empresa en múltiples aspectos. A continuación, se describe el modelo de gestión de Árbol de Impulsores de Valor (Value Tree Driver) para gestionar los costos de toda organización.

4.1. Base conceptual del análisis

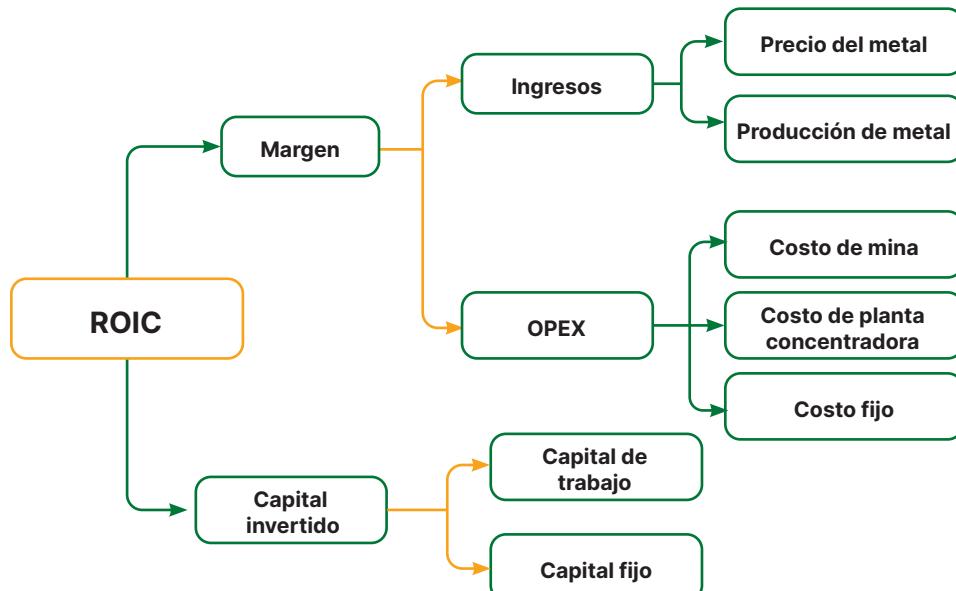
Por definición, un impulsor de valor (value driver) es cualquier variable que afecta el valor de una organización; sin embargo, para ser útiles, estos impulsores deben organizarse para que la gerencia identifique fácilmente las variables que tienen el mayor impacto en la generación de valor y de esta manera asignar las correspondientes responsabilidades a los empleados para controlarlos y optimizarlos.

El modelo del Árbol de Valor organiza gráficamente los impulsores de valor de la organización. Es una herramienta muy importante para analizar y diagnosticar, puesto que nos muestra la interdependencia de los impulsores de tal forma que permite tener una visión global de las variables críticas que impactan los costos de la organización y al mismo tiempo nos facilitan la comprensión del proceso que está siendo revisado.

El nivel de detalle y definición debe ser suficiente para que la identificación de estas variables facilite la gestión y el control de la supervisión designada.

La figura 1.1.a muestra el modelo de valor genérico (Nivel 1) de una organización, en la sección 4.2 mostraremos el desarrollo del árbol de valor específico para la gestión de costos.

Figura 1.1.A : Modelo del Árbol de Valor (Nivel 1)



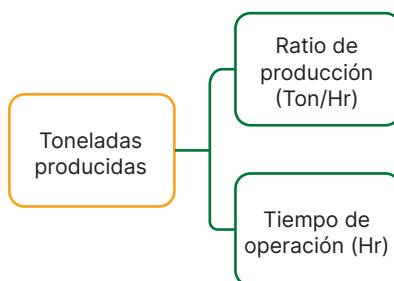
4.2 Desarrollo del método de análisis

Para la construcción de un Árbol de Valor existen varios conceptos que se deben considerar, los cuales describiremos a continuación:

- Interdependencia

El resultado debe depender de los impulsores para facilitar la comprensión y entender cómo debemos controlar los impulsores para la mejora de nuestros resultados. En la figura 1.2.a se puede ver que para mejorar la producción podemos enfocarnos en incrementar el tiempo de producción o la ratio de producción.

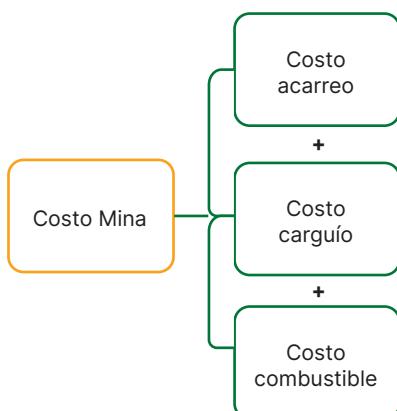
Figura 1.2.a



- Sin superposiciones ni vacíos

Los impulsores que componen el modelo no deben superponerse (deben ser único y no tienen que haber dos impulsores diferentes que midan exactamente lo mismo) en el impacto y en el resultado, ni tampoco deben dejar vacíos que dificulten su comprensión. El modelo mostrado en la figura 1.2.b claramente es equivocado, puesto que el costo de acarreo en una operación también incluye el costo de combustible. Estos dos conceptos no son independientes.

Figura 1.2.b



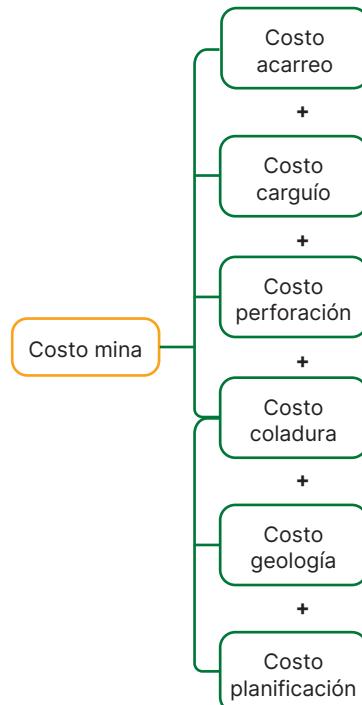
- Impulsores medibles

Es muy importante que los impulsores que componen el Árbol de Valor sean medibles, cuantificables y analizados para detectar oportunidades de mejora e implementar los proyectos para optimizarlos. Estos drivers tienen que ser controlados por los dueños de los procesos.

- Modelo matemático

El árbol debe representar que la suma o multiplicación de las partes tienen como consecuencia un resultado, de esta manera el modelo será claro para todos los miembros de la organización. La figura 1.3.c. muestra árboles de valor válidos.

Figura 1.3.a Costo de mina Nivel 1

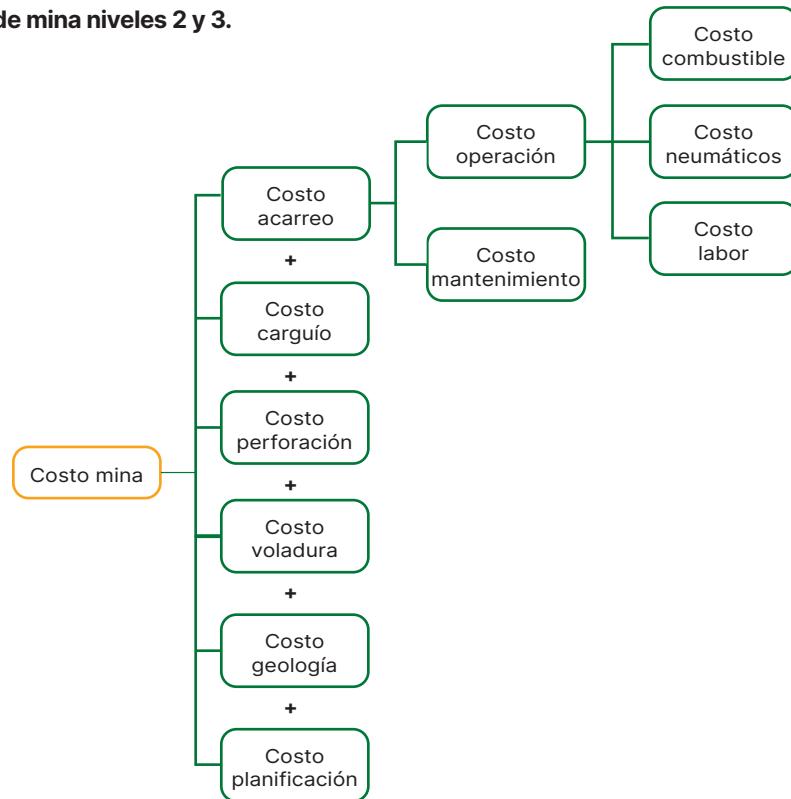


4.3. Aplicación práctica

Las operaciones mineras de tajo abierto tienen por lo general uno de los costos más importantes, el de transporte (acarreo), que es el proceso por el cual se traslada el material de la mina hacia los botaderos (desmonte) o las plantas de procesamiento (mineral).

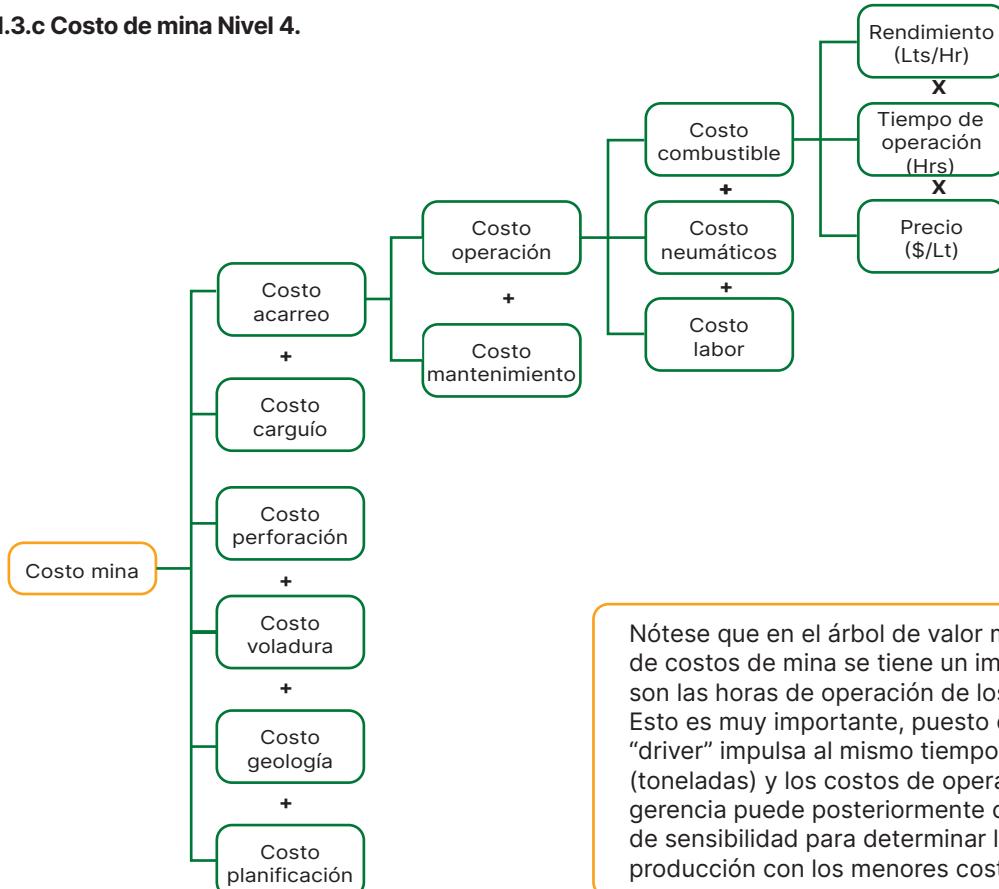
Para desarrollar el árbol de valor del primer nivel de costos de mina usamos el diagrama de procesos y podemos representarlo de la siguiente manera:

Tal como indicáramos anteriormente, las operaciones mineras de tajo abierto tienen por lo común uno de los costos más importantes, el de transporte. La figura 1.3.b muestra los costos más importantes que ocurren en el proceso de acarreo.

Figura 1.3.b Costo de mina niveles 2 y 3.

Debido a la cantidad de camiones de acarreo usados, el costo de combustible es usualmente el más representativo de las operaciones mineras. El

gráfico 1.3.c muestra una propuesta de análisis de impulsores de este costo.

Figura 1.3.c Costo de mina Nivel 4.

Nótese que en el árbol de valor mostrado de costos de mina se tiene un impulsor, que son las horas de operación de los equipos. Esto es muy importante, puesto que este "driver" impulsa al mismo tiempo la producción (toneladas) y los costos de operación. La gerencia puede posteriormente crear modelos de sensibilidad para determinar la mayor producción con los menores costos.

5. Cash Cost (Costo de Operación en Efectivo)

5.1. Base conceptual del análisis.

En una industria en la cual el precio de los productos se determina de manera exógena y ningún productor o consumidor tiene por sí mismo suficiente poder como para afectarlo; la noción del cash cost o “costo de operación en efectivo” como una manera de determinar la viabilidad económica de una empresa minera adquiere primordial relevancia. Este indicador también es utilizado para medir de manera homogénea los costos de producción del negocio minero y realizar así comparaciones entre diferentes operaciones.

Para una empresa minera que produce y comercializa un *commodity*, mantener o aumentar sus utilidades, requiere enfocarse en incrementar su producción de manera eficiente y en reducir sus costos. Esto es especialmente relevante en escenarios de precios bajos.

El concepto de cash cost combina en una misma formulación tanto los volúmenes como los costos de producción, consigue obtener un valor por unidad de producto que, al compararlo con el precio real o esperado del producto, permite establecer la viabilidad futura de la operación.

El cash cost se refiere al costo de producción, de las unidades de producción, calculado por unidad de producto; para lo cual incorpora no solo los costos netamente operativos sino también aquellos referidos al transporte, tratamiento del mineral y administrativos. Excluyendo, en su acepción más básica (C1), los costos no monetarios como la depreciación y amortización, los gastos financieros y aquellos no incurridos en la operación propiamente dicha, como los gastos administrativos y otros correspondientes a la oficina corporativa, por ejemplo.

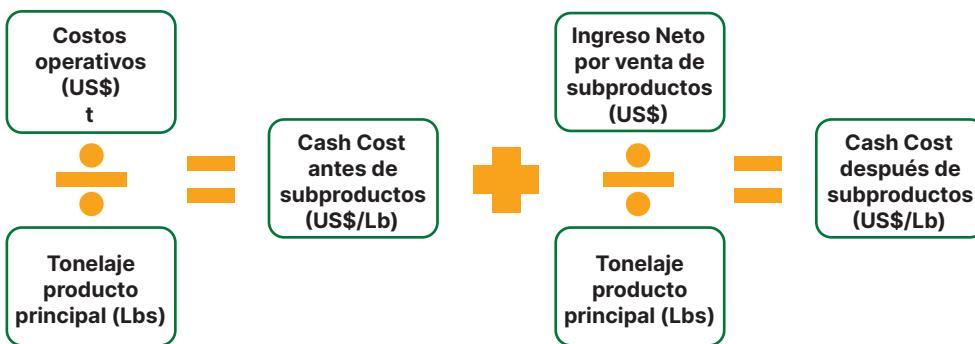
Como se apreciará a continuación, existen dos maneras de clasificar los cash cost. La primera de ellas es dependiente de los conceptos que se incorporen para su cálculo y en ese sentido se hablará de cash cost C1, C2 y C3. La segunda manera es considerando si incorporan o no el impacto de los subproductos. Es así que se tendrá un cash cost C1 con o sin el impacto de los subproductos, y lo mismo para el C2 y C3.

Generalmente una operación minera tiene un producto principal (por ejemplo cobre) que es aquél que provee la fuente principal de ingresos y en torno al cual se diseñan y ejecutan los procesos productivos. Sin embargo, salvo raras excepciones, este mineral no se presenta aislado en la naturaleza sino acompañado de otros productos (molibdeno, plata, oro, etcétera). Por ello, se suele considerar un cash cost antes de subproductos y otro cash cost después de subproductos; aludiendo a la inclusión o no-inclusión de los ingresos netos provenientes de la comercialización de los subproductos. Destacando que el primero de ellos incorpora también los costos de producción de los subproductos y, cuando a éste se le descuentan los ingresos derivados de las ventas de dichos subproductos, se obtiene el segundo.

Asimismo, cuando se mencionan los subproductos no solo deben incluirse aquellos que se presentan en la naturaleza con el producto principal de la explotación, sino también aquellos que se obtienen a lo largo del proceso metalúrgico; como es el caso del ácido sulfúrico que se obtiene producto del proceso de fundición de los concentrados de cobre y cuyo valor comercial no es nada despreciable.

Por último, otro concepto que se incorpora bajo la noción de “créditos por subproductos” es el efecto neto del procesamiento y venta del mineral adquirido a terceros.

Esquemáticamente¹:



1. Para una información detallada acerca de los conceptos referidos a los costos se recomienda revisar el acápite 5 del capítulo 1 “Indicador global de costos de la industria minera”

5.2 Desarrollo del método de análisis

C1: Net Direct Cash Cost

El costo C1 incorpora la totalidad de costos incurridos a través del proceso minero hasta la venta del producto final. En caso la operación comercialice productos intermedios, como concentrados de cobre, por ejemplo, deberán considerarse también los costos de tratamiento y refinación (TC / RC) así como su flete. De modo que el costo C1 considerará el costo directo neto incurrido en el proceso minero, al cual se le deberá descontar el premio en caso éste se diera. Los rubros más representativos para este cálculo son los siguientes:

- + Costos de extracción
 - + Costos de tratamiento
 - + Costos de fundición y refinación (TC / RC)
 - + Fletes y costos de transporte en general
 - + Gastos de administración
 - - Premios

Para obtener el cash cost C1 antes de subproductos se dividirá este importe entre el tonelaje de mineral producido. Para obtenerlo después de subproductos se le descontará previamente el aporte neto de la comercialización de los subproductos.

C2: Production Cash Cost

El costo C2 incorpora los mismos conceptos que el C1 y les adiciona los importes correspondientes a la depreciación y amortización; incluyendo la referida

a costos capitalizados como los de desarrollo de mina, desbroce (stripping) o material lixiviante. Es importante destacar que este indicador (C2) permite tener una idea del costo de la operación a mediano plazo, es decir, si la operación resulta viable en los próximos años.

Al igual que el caso anterior, para obtener el cash cost C2 antes de subproductos se dividirá este importe entre el tonelaje de mineral producido y para obtenerlo después de subproductos se le descontará previamente el aporte neto de la comercialización de los subproductos.

C3: Fully Allocated Cash Cost

Por último, el indicador de costo más completo o C3 incorpora los mismos conceptos que el C2 y les adiciona los importes correspondientes a los costos indirectos y gastos financieros; incorporando también los referidos a regalías, impuestos, costos extraordinarios, etcétera. El indicador (C3) permite tener una idea del costo de la operación a largo plazo, es decir, si la operación resulta viable en un plazo de tiempo mayor, propio de una operación minera.

Al igual que el caso anterior, para obtener el cash cost C3 antes de subproductos se dividirá este importe entre el tonelaje de mineral producido y para obtenerlo después de subproductos se le descontará previamente el aporte neto de la comercialización de los subproductos.

	C1	C2	C3
Costos Directos			
El proceso de producción de mina	+	+	+
El proceso de beneficio de minerales (concentración, lixiviación, SX o EW)	+	+	+
Gastos administrativos y generales de soporte al complejo minero	+	+	+
Cualquier servicio que sea esencial para la operación	+	+	+
Fundición y refinería	+	+	+
Costo de flete en el transporte de concentrados o metales finales	+	+	+
Impuestos que afectan la actividad minera (relacionados a los procesos)	+	+	+
Costos de comercialización	+	+	+
Premios			
Pago adicional recibido como reconocimiento a la alta calidad del producto final	-	-	-
Crédito por subproductos			
Valor neto de los subproductos o coproductos	-	-	-
Costos que no representan salidas de efectivo			
Depreciación y amortización	+	+	+
Castigo de activos	+	+	+
Costos de stripping o leaching cargados antes o después de una operación	+	+	+
Costos capitalizados - Costos directos que son capitalizados			
Desarrollo de mina	+	+	+
Costos diferidos por el stripping por desmonte o costo de leaching	+	+	+
Gastos Financieros			
Intereses			+
Costos Indirectos			
Costos corporativos de la oficina central			+
Investigación y exploración atribuible a la operación minera			+
Regalías y otros impuestos (Inc. Imp. Exportación / Exc. Imp. Ganancias y Valor Agregado)			+
Costos extraordinarios (e.g. costo de huelgas, fondos de pensiones)			+

Concepto	Valor Total (US\$ 000's)	Ctvs por Libra Producida	C1 (Ctvs / Lb)	C2 (Ctvs / Lb)	C3 (Ctvs / Lb)
			116.53	180.00	199.33
Costos Directos					
El proceso de producción de mina	400,000	53.33	53.33	53.33	53.33
El proceso de beneficio de minerales (concentración, lixiviación, SX o EW)	350,000	46.67	46.67	46.67	46.67
Gastos administrativos y generales de soporte al complejo minero	35,000	4.67	4.67	4.67	4.67
Cualquier servicio que sea esencial para la operación	5,000	0.67	0.67	0.67	0.67
Fundición y refinería	300,000	40.00	40.00	40.00	40.00
Costo de flete en el transporte de concentrados o metales finales	30,000	4.00	4.00	4.00	4.00
Impuestos que afectan la actividad minera (relacionados a los procesos)	5,000	0.67	0.67	0.67	0.67
Costos de comercialización	5,000	0.67	0.67	0.67	0.67
Premios					
Premios	(25,000)	(3.33)	(3.33)	(3.33)	(3.33)
Crédito por subproductos					
Molibdeno	(120,000)	(16.00)	(16.00)	(16.00)	(16.00)
Plata	(50,000)	(6.67)	(6.67)	(6.67)	(6.67)
Oro	(10,000)	(1.33)	(1.33)	(1.33)	(1.33)
Ácido sulfúrico	(40,000)	(5.33)	(5.33)	(5.33)	(5.33)
Otros	(1,000)	(0.13)	(0.13)	(0.13)	(0.13)
Concentrados de terceros	(10,000)	(1.33)	(1.33)	(1.33)	(1.33)
Costos que no representan salidas de efectivo					
Depreciación y amortización	200,000	26.67		26.67	26.67
Castigo de activos	1,000	0.13		0.13	0.13
Costos de stripping o leaching cargados antes o después de una operación	25,000	3.33		3.33	3.33
Costos capitalizados - Costos directos que son capitalizados					
Desarrollo de mina	150,000	20.00		20.00	20.00
Costos diferidos por stripping o costo de leaching	100,000	13.33		13.33	13.33
Gastos Financieros					
Intereses	50,000	6.67			6.67
Costos Indirectos					
Costos corporativos de la oficina central	30,000	4.00			4.00
Investigación y exploración atribuible a la operación minera	30,000	4.00			4.00
Regalías y otros impuestos (Inc. Impo. Exportación / Exc. Impo Ganancias y Valor Agregado)	30,000	4.00			4.00
Costos extraordinarios (e.g. costo de huelgas, fondos de pensiones)	5,000	0.67			0.67
Cobre producido (libras)	750,000,000				
Precio del cobre (US\$ / Lb)	2.10				
Margen (Ctvs / Lb)			2.10	2.10	2.10
			93.47	30.00	10.67

2. La información registrada en este ejemplo es hipotética y no corresponde a alguna situación real. Solo debe servir como referencia para mostrar la forma cómo se calculan los diferentes cash cost: C1, C2 y C3.

6. Cash cost y EBITDA

Desde la perspectiva de análisis y evaluación de costos, es una práctica de la industria minera producir y gestionar información del "Cash cost" en el marco de la metodología desarrollada en el punto anterior 6 del capítulo 6. Es así como la conclusión del caso práctico efectuado en el numeral antes indicado, el capítulo antes indicado nos informa que el costo de producir una libra de cobre es de US\$ 116 ctvs/libra. Por otro lado, como complemento del análisis del "Cash cost", en el punto 3.2 del capítulo 7, aplicado a una operación minera polimetálica, se concluye que el costo de producir una tonelada de zinc metal equivalente es de 977 US\$/TMF.

Otra metodología de gestión, muy utilizada en algunas empresas de la industria, es determinar el "Cash cost" partiendo del EBITDA, la cual se desarrollará en el siguiente punto.

En ambos casos referidos, el objetivo final es informar sobre el costo unitario de un metal que

representa de modo significativo el negocio central de la empresa, con la finalidad de comparar con el precio de los mercados internacionales de metales y determinar márgenes de rentabilidad o de maniobra de la gestión en términos de *Mining to market*, es decir, acercamiento e integración de la operación minera con el mercado de metales.

6.1. Base conceptual del análisis

Con una visión económica del rendimiento del negocio, se analiza la información financiera de la compañía, en particular para este caso hablamos del Estado de resultados, que es parte de un juego de estados financieros que se preparan de acuerdo con las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF). Con base en las líneas que se presentan, se toma información en una moneda funcional y lo que representa en términos del negocio, que podemos resumir a continuación.

Estado de resultados en US\$ (000)	Información que representa
Ingresos por ventas de refinados o por concentrados de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades vendidas: toneladas, libras, onzas de un metal principal • Precios unitarios de las unidades vendidas a nivel de metal • Cotizaciones o los precios promedio obtenidos del mercado internacional en cada operación de venta /o promedios de un período determinado • Valores intermedios por contenidos metálicos pagables y deducciones, como cargos de tratamiento y refinación y penalidades, cuando la venta es de concentrados de minerales
Costo de ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresos por subproductos en metales refinados o concentrados de mineral. • Costos operativos – Cash del proceso productivo: minado, concentración, cost, lixiviación, fundición y refinería • Unidades producidas: mineral extraído y procesado en planta, concentrados o metales contenidos en los concentrados o los metales obtenidos luego del proceso de fundición y refinería • Costos operativos unitarios a nivel de las unidades producidas • Costos no cash representados por los cargos de depreciación y amortización • Variación de los inventarios en proceso o finales.
Utilidad bruta	<ul style="list-style-type: none"> • Es la utilidad obtenida al restar a los ingresos provenientes de las ventas de los productos mineros, el costo de ventas asociado • En términos de su presentación en el Estado de resultados si bien inicialmente vemos una cifra determinada por la operación aritmética indicada, alguna información ayuda a la lectura de este rubro con la información complementaria que se presenta en las Notas de los ingresos y Costo de ventas, pero regularmente no se expone toda la información antes indicada.

Gastos de operación

- Gastos de Ventas
- Gastos de Administración
- Otros ingresos y gastos de operación

Estas partidas comprenden a los gastos incurridos para llevar a cabo el **proceso de distribución**, que implica el transporte o el almacenamiento temporal para concretar la entrega de los productos a los clientes en los incoterms previstos en los contratos de venta.

Los gastos de administración corresponden por lo regular a los incurridos en una oficina central o corporativa que no han sido asignados a los costos operativos de las unidades mineras por ende al costo de producción.

Utilidad de operación

En su equivalente a una forma diferente de expresión, esta utilidad significa ganancias antes de intereses e impuestos **Earnings Before Interest and Taxes (EBIT)**

Utilidad de operación

Como complemento en alguna nota de los estados financieros o en otros documentos oficiales que reportan las compañías mineras, encontramos el concepto de:

Ganancias antes de intereses, impuestos y depreciación y amortización

Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization (EBITDA)

En este caso del EBITDA se determina:

$$\text{EBITDA} = \text{EBIT} + \text{depreciación y amortización}$$

De acuerdo con la información contenida en la determinación del EBITDA que se ha resumido antes, es posible que a partir de este indicador se pueda calcular el "Cash cost" y posteriormente conciliarlo con el que se obtenga de las metodologías estándar de la industria.

6.2. Desarrollo del método de análisis

En este marco de análisis de los aspectos que se gestionan y que determinan el EBITDA, el objetivo de este punto es integrar la metodología del "Cash cost" y su reconciliación con el EBITDA. *Ver marco 1*

En resumen, se aprecia que en la determinación del EBITDA se maneja la información similar a la requerida para la metodología del "Cash cost", y la cual resulta suficiente para que, partiendo del EBITDA unitario, se pueda calcular el "Cash cost" y efectuar la respectiva conciliación con la citada metodología.

MARCO1

Metodología del Cash cost	EBITDA
TM, libras, onzas de metal refinado producido o metal equivalente designado como representativo del negocio	Resumen de ventas realizadas: TM, libras, onzas de metal refinado o equivalente
Costo operativo – Cash (Opex) de los procesos de minado, concentración, lixiviación, fundición y refinería	Costo de producción contenido en la fórmula de costo de ventas: $\text{CV} = \text{Inventario inicial} + \text{Costo de producción} - \text{Inventario final}$
Costos comerciales (en caso de venta de concentrados), tales como costos de tratamiento y refinación y deducciones por penalidades	Reportes de detalle de las ventas realizadas para el desglose del valor total de unitarios en venta, para determinar el valor pagable y las deducciones
Metodología del Cash cost	EBITDA
Crédito por subproductos	Reportes de ventas por cada producto y cuentas contables que clasifican los ingresos por subproductos.

6.3 Aplicación práctica

Tomando como referencia una operación minera polimetálica que produce concentrados de zinc, plomo y cobre, se desarrolla este ejercicio.

Partiendo de la información que se obtiene del proceso productivo, la cual luego es plasmada de manera agregada en la información financiera, particularmente en el Estado de resultados, se procede a efectuar la asociación correspondiente para que, mediante la información que interviene y determina el EBITDA, se calcule el "Cash cost".

Para los efectos se simplifica el ejercicio, se asume que no hay efectos de simplificar el ejercicio de los inventarios iniciales y finales que intervienen en la fórmula de cálculo del Costo de ventas. Es decir, el supuesto es que "todo lo que se produce se vende".

o lo que en gestión minera se conoce como "full production" o "Estado de resultados ajustado por producción". Esto se usa cuando la evaluación se enfoca en las responsabilidades y la gestión de las unidades de producción que no comprende la gestión comercial y de distribución. En una visión en que se evalúa la información financiera y no necesariamente de gestión interna, es cierto que se trabajará con las variaciones de los inventarios que conduce a una evaluación de la empresa. Ambos enfoques son plenamente válidos desde estas perspectivas.

La producción y, por ende, las ventas por cada producto que alimenta a la línea de Ingresos por ventas y los costos operativos correspondientes se presentan a continuación, incluidos en el Estado de resultados hasta la línea del EBITDA. *Ver cuadro 3*

CUADRO 3		Proceso productivo			
Venta (Metal sobre la base de concentrados)		Zinc	Pb	Cobre	Total
Concentrados de minerales	TMS	182,500	73,500	53,400	309,400
Contenido metálico	%	52%	48%	25%	
TMF	TMF	94,900	35,280	13,350	143,530
Pagables	%	85%	90%	95%	
Metal pagable	TMF	80,665	31,752	12,683	125,100
Cotización	US\$/TMF	2,800	2,300	9,000	
Ingreso por metal pagable	US\$(000)	225,862	73,030	114,143	413,034
Deducciones:					
Cargo de tratamiento	US\$/TMS	275	210	190	
Cargo de refinación	US\$/TMS	75	110	59	
Penalidades	US\$/TMS	22.00	13.00	25.00	
Total deducciones	US\$/TMS	372	333	274	
Total deducciones	US\$(000)	(67,890)	(24,476)	(14,632)	(106,997)
Valor neto de venta		157,972	48,554	99,511	306,037
Estado de resultados					
en US\$ (000)					
Ingresos por ventas					
306,037					
Costos operativos - Cash (**)					
US\$ (000) US\$ (000)					
Minado		123,558			
Concentración		66,780			
Mantenimiento		11,250			
Indirectos-Administrativos		22,785			
Costo de producción - Opex					
224,373					
(**) No incluye depreciación y amortización					
Costo de producción/ventas (224,373)					
Utilidad bruta 81,664					
Gastos de venta (7,345)					
Gasto de administración (10,450)					
Otros ingresos (gastos) netos (1,200)					
Utilidad operativa - EBITDA 62,669					

Se puede apreciar que la cifra única agregada de ventas está conformada por las valorizaciones de los concentrados de zinc, plomo y cobre. Por su parte, el costo operativo (Opex – Cash Cost total) es el equivalente al Costo de ventas. Ambos rubros expresados en línea con el supuesto de “ajustado por producción” (sin impacto de la variación de inventarios).

Deduciendo a la utilidad bruta los gastos de venta y administración, se determina un EBITDA, que asciende a US\$ (000) 62,669. Y otros ingresos o gastos netos.

El siguiente paso es calcular el “Cash cost” a partir de la información que ha participado en la determinación del EBITDA. Para ello resulta importante contar con la información del metal fino pagable de zinc, que en este caso asciende a 80,665 TMF y el precio realizado equivalente a la cotización internacional del metal de referencia, que se determinó en 2,800 dólares.

Con esta variable incluida podemos calcular el “Cash cost” conforme se indica:

Zinc metal pagable	TMF	80,665
EBITDA	US\$(000)	62,669
EBITDA - en TMF pagables	US\$/TMF	777
Precio realizado - Cotización LME zinc	US\$/TMF	2,800
CASH COST	US\$/TMF	2,023

El resultado fue determinado, restando al precio realizado del EBITDA unitario calculado sobre el metal pagable. El “Cash cost” representa el costo de producir y vender una tonelada de metal fino, y respecto al precio de mercado realizado genera un margen de US\$/TMF 777 equivalente al 27.75% y 38.40% en relación con el precio realizado de venta o “Cash cost”, respectivamente.

A fin de completar este ejercicio se presenta a continuación el “Cash cost”, siguiendo la metodología estándar de Brook Hunt (ahora Wood Mackenzie) para comprobar que se llega al mismo resultado.

Cash Total Cost. - Metodología Brook Hunt -Wood Mackenzie		
Zinc Metal equivalente - Pagable	TMF	80,665
Costos		
Costo operativo	US\$(000)	224,373
Gastos de venta	US\$(000)	7,345
Gastos de administración	US\$(000)	10,450
Otros ingresos y gastos (neto)	US\$(000)	1,200
Costo operativo - Total	US\$(000)	243,368
Costos operativo - Unitario	US\$/TMF	3,017
Deducciones	US\$(000)	67,890
Costo de deducciones	US\$/TMF	842
Crédito subproductos	US\$(000)	(148,065)
Crédito subproductos	US\$/TMF	(1,836)
Cash Cost C1.	US\$/TMF	2,023

Un escenario más alineado a la información financiera es considerar el Estado de resultados en su real expresión y presentación, caso en el cual se incorpora el efecto de los inventarios iniciales y finales de los productos terminados. Considerando que el ciclo de negocio minero tiende a entregar a los clientes la producción de un determinado período que se evalúa, los saldos físicos y valorados tienden a ser mínimos y no tienen un impacto significativo en el análisis. No obstante, para cubrir la variación de los inventarios y su impacto en el indicador “Cash cost” se presenta el mismo ejercicio anterior, incorporando los efectos de la variación de los inventarios en el metal pagable, ingresos por ventas y costo de ventas. **Ver cuadro 4**

Según lo indicado antes y con este nivel de inventarios iniciales y finales se llega a un “Cash cost” de US\$/TMF 2,004, que no marca diferencia significativa con el escenario de “full o ajustado por producción” US\$/TMF 2,023 (todo lo que se produce se vende).

Cash Cost total. Metodología Brook Hunt - Wood Mackenzie		
Zinc metal equivalente - Pagable	TMF	82,490
Costos		
Costo operativo - Opex del período	US\$ (000)	224,373
Costos - Variación de inventarios	US\$ (000)	3,612
Gastos de venta	US\$ (000)	7,345
Gastos de administración	US\$ (000)	10,450
Otros ingresos y gastos (neto)	US\$ (000)	1,200
Costo operativo - Total	US\$ (000)	246,980
Costos operativo - Unitario	US\$/TMF	2,994
Deducciones del período	US\$ (000)	67,890
Deducciones por variación de inventarios	US\$ (000)	1,536
Costo de deducciones	US\$/TMF	842
Crédito de subproductos - Del período	US\$ (000)	(148,065)
Crédito de subproductos - Variación de inventarios	US\$ (000)	(3,053)
Crédito de subproductos	US\$/TMF	(1,832)
Cash Cost total	US\$/TMF	2,004

De acuerdo con lo reflejado en el presente ejercicio, podemos concluir que existe una fuente única de información que se comparte y emplea para determinar el “Cash cost” el EBITDA y que las empresas mineras pueden optar por implementar.

CUADRO 4		Proceso productivo				
Venta (Metal sobre la base de concentrados)		Zinc	Plomo	Cobre	Total	
Concentrados de minerales	TMS	182,500	73,500	53,400	309,400	
Contenido metálico	%	52%	48%	25%		
TMF	TMF	94,900	35,280	13,350	143,530	
Pagables	%	85%	90%	95%		
Metal pagable	TMF	80,665	31,752	12,683	125,100	
Cotización	US\$/TMF	2,800	2,300	9,000		
Ingreso por metal pagable	US\$ (000)	225,862	73,030	114,143	413,034	
Deducciones:						
Cargo de tratamiento	US\$/TMS	275	210	190		
Cargo de refinación	US\$/TMS	75	110	59		
Penalidades	US\$/TMS	22.00	13.00	25.00		
Total de deducciones	US\$/TMS	372	333	274		Estado de resultados
Total de deducciones	US\$ (000)	(67,890)	(24,476)	(14,632)	(106,997)	en US\$ (000)
Valor neto de venta	US\$ (000)	157,972	48,554	99,511	306,037	Ingresos por ventas - Producción del período 306,037
Valor unitario de venta	US\$/TMS	865.60	660.60	1,863.50		Ingresos por ventas - Variación de inventarios 6,628
						Total ingresos por ventas 312,665
Costos operativos - Cash (**)				US\$ (000)	US\$ (000)	
Minado				123,558		
Concentración				66,780		
Mantenimiento				11,250		
Indirectos-Administrativos				22,785		
Costo de producción - Opex				224,373	Costo de producción (224,373)	
(**) No incluye depreciación y amortización					Variación de inventarios (3,612)	
					Costo de ventas (227,985)	
					Utilidad bruta 84,680	
					Gasto de administración (10,450)	
					Otros ingresos (gastos) netos (1,200)	
					Utilidad operativa - EBITDA 65,685	



Capítulo 7

Costos y análisis de rentabilidad

Capítulo 7

Costos y análisis de rentabilidad

En el presente capítulo se integrará la gestión de los costos operativos que se ha desarrollado principalmente en los capítulos 3, 4 y 5, con los ingresos que se espera obtener de la producción minera, sea a nivel de mineral, concentrados o refinados. Teniendo la información de los ingresos y los costos asociados, resulta factible determinar los márgenes brutos de rentabilidad que permiten la evaluación y la conclusión sobre la viabilidad del negocio en función de los ingresos que dependen principalmente de precios de los metales o, en su caso, marcar ciertas metas o “techos” en los costos operativos, de los productos mineros o equivalentes en metal.

La evaluación de los ingresos y costos a nivel de mineral tiene una trascendencia importante en la determinación de la ley de cabeza de corte; es decir, porcentajes de contenidos metálicos que como mínimo debe contener el mineral a extraer para por lo menos igualar los ingresos con los costos. Cuando hablamos de los ingresos y costos a nivel de productos refinados o concentrados, estamos pensando en los márgenes que se mostrarán en el estado de resultados, teniendo por tanto una perspectiva económica y financiera que tiene relación con la determinación del EBITDA y la generación de caja proveniente del flujo de las operaciones.

Por su parte, el análisis y evaluación a nivel de productos refinados o metales finos equivalentes (cuando se produce concentrados) es fundamental porque permite un acercamiento hacia los mercados de los metales para determinar los márgenes respecto a las cotizaciones internacionales, con la determinación previa del cash cost convertido a finos. Podemos hablar entonces de márgenes de rentabilidad partiendo del precio de venta de un metal refinado, que identifica y representa el negocio, la contribución de los ingresos de los subproductos o incluso de puntos de equilibrio en la producción de refinados o equivalentes.

Por lo indicado antes, el objetivo de este capítulo es desarrollar los contenidos relacionados con los márgenes operativos y la rentabilidad a nivel de mineral, productos mineros que se comercializan y de metales finos equivalentes, considerando las cotizaciones internacionales de los metales.

1. Valor del mineral (*Net Smelter Return*) y costo asociado

Conforme se había precisado en el capítulo 1, una de las características básicas de un negocio minero es que los ingresos dependen de las cotizaciones internacionales de los metales que se explotan. Esto debido a que el valor de los productos mineros cuando son vendidos, sea en calidad de refinados o concentrados, parte del valor de cotización internacional de los metales. Sobre este valor se aplican los contenidos metálicos para determinar inicialmente los ingresos por contenidos metálicos a nivel unitario o total. Luego a este valor para el caso de los concentrados, se deducen los costos de tratamiento o refinación y las penalidades por algunos contenidos metálicos no deseados.

Partiendo de este marco, regresamos a las actividades de la explotación minera, que se inician con la extracción de mineral. Para la determinación de las reservas mineras y, posteriormente, de los planes de minado, es imprescindible conocer los ingresos que generará para la compañía la extracción de una tonelada de mineral y el beneficio posterior en la planta de procesamiento o en los procesos de fundición y refinería.

Esto implica tener modelos de producción minera que permitan calcular de manera precisa y regular el ingreso que se obtendrá por la extracción y beneficio de una tonelada de mineral, ya que es necesaria su comparación y evaluación con el costo que representa este proceso y si serán cubiertos por este ingreso.

En este análisis desempeñan un papel importante el valor del mineral o NSR (*Net Smelter Return*) y los costos de operación a nivel de una tonelada de mineral. Esta evaluación permitirá la identificación de márgenes de ganancias o pérdidas, y se complementará con un concepto básico en minería: la ley de corte (*cut off*), concepto que se tratará a continuación.

1.1. Valor del mineral o NSR (*Net Smelter Return*)

El valor del mineral, o NSR, se refiere a los ingresos que generará la extracción y el beneficio de una tonelada de mineral. Esto significa el ingreso neto

que recibe el propietario de una mina de la venta de los productos mineros menos los gastos de distribución, tratamiento o refinación.

Para este propósito intervienen los siguientes elementos:

- Ley de cabeza del mineral
- El precio de los metales contenidos en la ley de cabeza del mineral
- Las recuperaciones metalúrgicas cuando se lleva a cabo el beneficio del mineral en las plantas concentradoras o de lixiviación, fundición y refinación.
- Los contenidos metálicos pagables definidos para la comercialización de los productos.
- Los costos que restan completar tratándose concentrados de mineral para su conversión a metales refinados, es decir, los costos de tratamiento (maquila) o de refinación.
- Las penalidades por contenidos de metales contaminantes.
- Los costos de distribución necesarios para la entrega de los productos a los clientes.

La fórmula general para calcular los ingresos por la explotación del mineral es la siguiente:

$$V = ((l_m * p * Rm1 * Rm2 * \dots * Rmn) - T) * Q_m$$

V = ventas en US\$

l_m = ley del mineral

p = precio del mineral

Rm1 * Rm2 * ... * Rmn = recuperaciones metalúrgicas

T = costo de los procesos faltantes para tener mineral refinado (maquilas, pérdidas metalúrgicas, penalidades)

Q_m = cantidad de mineral vendido (TM)

La aplicación de esta fórmula a un caso simplificado en que se asume que la ley de cabeza solo tiene un metal (zinc), podemos apreciarla a continuación.

Con los siguientes datos se calcula el valor del mineral:

- Ley de cabeza de zinc: 5%
- Recuperación de planta: 83%
- Precio del metal refinado zinc: 2,800
- Pagable en la comercialización: 85% del metal contenido
- Contenido metálico estimado en la producción de concentrados de zinc: 50%
- Cargo de tratamiento (maquila): USD 300 por TM de concentrado. **Ver tabla 1.**

TABLA 1

Valor mineral		
Mineral tratado	TMS	25,000,000
Ley de cabeza	% zinc	5%
Contenido metálico	TMS	1,250,000
Recuperación	%	83%
Metal recuperado	TMS	1,037,500
Precio metal LME	USD/TMS	2,800.00
Ingreso por contenido metálico	USD ('000)	2,905,000
Pagable por comercialización	%	85%
Ingreso por metal pagable	USD ('000)	2,469,250
Grado de concentración	%	50 %
Factor de concentración	TM a Concentr	12.0482
Concentrados	TMS	2,075,000
Cargo por tratamiento	USD/TM Concentr	300
Costo de tratamiento (Maquila)	USD ('000)	622,500
INGRESO NETO UNITARIO	USD/TM	73.87
COSTO UNITARIO	USD/TM	50.00
UTILIDAD	USD/TM	23.87

Con la información antes indicada y aplicando la fórmula, se concluye que la extracción de una tonelada de mineral reportará un ingreso neto de 73.87 US\$. Teniendo esta referencia de ingresos y considerando que el costo de producción de una TM de mineral asciende a 50 US\$ en esta evaluación inicial base, se concluye que producir y vender una TM de mineral reporta una ganancia de 23.87 US\$. El margen total será equivalente a multiplicar esta ganancia unitaria por la cantidad de mineral tratado en planta, lo que determina una ganancia total de US\$ (000) 596,750.

Una forma más integral y detallada para conocer el valor de ingresos que representa una tonelada de mineral, es la que se presenta a continuación.

Se trata de un yacimiento cuyo mineral tiene contenidos polimetálicos, puesto que existen leyes de cabeza de zinc, plomo, plata y cobre. Con los supuestos de precios de los metales, el valor del mineral es US\$/TM 93.05.

Fórmula para Cálculo del valor de mineral - NSR			
Leyes de cabeza	Precio metales		
Zn %	3.20	Zn US\$/t	3,000
Pb %	1.30	Pb US\$/t	2,300
Cu %	2.20	Cu US\$/t	9,000
Ag oz/t	2.50	Ag US\$/oz	20
Au g/t	0.00	Au US\$/g	
VALOR POR TM		93.05	

El valor por TM de mineral ha sido obtenido de los contenidos metálicos que se calcula recuperar en la producción de los concentrados y todos los costos y gastos que representa su comercialización.

Ver tablas 2 y 3.

En resumen, el valor del mineral ha sido determinado por los siguientes conceptos:

Se concluye que una tonelada de mineral genera un ingreso neto de 93 dólares.

	Concentrado de zinc (US\$/TM)	Concentrado de plomo (US\$/TM)	Total (US\$/TM)
Valor pagable del metal principal	70.63	23.68	94.32
Valor por otros metales pagables	0.48	35.04	35.53
Deducciones	-23.40	-13.40	-36.80
Total	47.72	45.33	93.05

1.2 Ley de corte y sus costos relacionados

Ley de corte o *cut off*: Es el criterio empleado normalmente en minería para discriminar entre mineral y material estéril. Es la ley de cabeza mínima explotable que debe tener un block mineralizado para ser considerado reserva de mineral.

Es la ley de mineral donde la operación no reporta ni utilidades ni pérdidas, y es dependiente del precio de los metales en el mercado, así como de la filosofía de la administración de la empresa.

En resumen, la ley de corte es la ley de utilización más baja que permite a una operación minera alcanzar una utilidad mínima.

Ingresos = Egresos

Ingresos = Ley de cabeza *recuperación de metal *pagable - Maquila) * Q

Egresos = Costos totales entre cantidad Q

Ley mínima: Costos totales entre cantidad Q

Precio * Recuperación * Pagable - Maquila

Utilizando los datos del ejemplo del zinc desarrollado en el acápite anterior, antes de aplicar la fórmula de ley mínima, se debe convertir la maquila dada en 300 US\$/TM de concentrados a nivel de mineral. Esto se determina dividiendo este monto entre el porcentaje de contenido metálico 50% y luego multiplicando este resultado por el % de recuperación 83%:

Maquila equivalente: (US\$ 300 / 0.5) * 0.83 = US\$ 498

Con este dato homogeneizado se procede a calcular la ley mínima o *cut off*.

Ley mínima: US\$ 50 x TM

US\$ 2,800 x TM * 83% * 85% - 498

Ley mínima: 3.3843%

Entonces reemplazando la ley de cabeza evaluada inicialmente de 5%, tenemos la siguiente comprobación que el margen de rentabilidad es cero.

Valor del mineral - Ley de corte		
Mineral tratado	TMS	25,000,000
Ley de cabeza	% zinc	3.38%
Contenido metálico	TMS	846,081
Recuperación	%	83.00%
Metal recuperado	TMS	702,247
Precio metal LME	USD/TMS	2,800
Ingreso por contenido metálico	USD (000)	1,966,292
Pagable por comercialización	%	85.00%
Ingreso por metal pagable	USD (000)	1,671,348
Grado de concentración	%	50.00%
Factor de concentración	TM a Concent	17.8000
Concentrados	TMS	1,404,494
Cargo por tratamiento	USD/TM Concent	300
Costo de tratamiento (maquila)	USD (000)	421,348
INGRESO NETO TOTAL	USD (000)	1,250,000
INGRESO NETO UNITARIO	USD/TM	50.00
COSTO UNITARIO	USD/TM	50.00
UTILIDAD	USD/TM -	

TABLA 2

Concentrado de zinc		
Zn	US\$/TM	70.63
%Zn	3.20	Ensayes ley de cabeza
PZn	3000	Precio de refinado según cotización
RecZn	0.866	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
PayZn	0.85	Contenido metálico pagable (acuerdos comerciales)
Ag	US\$/TM	0.48
ozAg	2.50	Ensayes ley de cabeza (Oz/TM)
Pag	20.00	Precio de refinado según cotización
RecAg	0.077	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
PayAg	0.60	Pagable contenido en el Concentrado de zinc
DedAg	0.21	Deducción mínima 4 onzas
RefAg	0.01	Costo de refinación (0.311/oz)
Deducciones	US\$/TM	23.40
%Zn	3.20	Ensayes ley de cabeza
%Znconc	55.20	Grado de contenido metálico
RecZn	0.866	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
TCZn	295.00	Cargo de tratamiento US\$/TM
EscZn	150.00	Escalador precio de Zn (base 1000)
PenZn	5.38	Penalidades
FMarZn	0.00	Flete marítimo
InsZn	0.00	Seguro del transporte marítimo
FTerrZn	8.50	Costo de transporte - Planta a puerto
PWarZn	7.40	Costo de almacenaje

TABLA 3

Concentrado de Plomo		
Pb	US\$/TM	23.68
%Pb	1.30	Ensayes ley de cabeza
PPb	2300	Precio de refinado según cotización
RecPb	0.83	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
PayPb	0.95	Contenido metálico pagable (acuerdos comerciales)
Ag	US\$/TM	35.04
ozAg	2.50	Ensayes ley de cabeza (Oz/TM)
Pag	20.00	Precio de refinado según cotización
RecAg	0.749	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
PayAg	0.95	Pagable contenido en el Concentrado de plomo
DedAg	0.00	Deducción mínima 4 onzas
RefAg	0.55	Costo de refinación (0.311/oz)
Deducciones	US\$/TM	13.40
%Pb	1.30	Ensayes ley de cabeza
%Pbconc	48.55	Grado de contenido metálico
RecPb	0.83	Porcentaje de recuperación en el proceso de planta
TCPb	345.00	Cargo de tratamiento US\$/TM
EscPb	80.00	Escalador para el precio de Pb (base 400)
PenconPb	166.00	Penalidades
FMarPb	0.00	Flete marítimo
InsPb	0.00	Seguro del transporte marítimo
FTerrPb	8.50	Costo de transporte - Planta a puerto
PWarPb	7.40	Costo de almacenaje

Sobre esta base se puede evaluar diferentes escenarios de variaciones de los elementos que determinan el valor del mineral. Así tenemos los siguientes ejemplos:

Variaciones	Ley cut off
El precio:	
sube a US\$/TM 3000	3.09%
baja a US\$/TM 2,600	3.74%
La recuperación del proceso de planta disminuye a 80%	3.51%
El cargo de tratamiento disminuye a US\$/TM 250	3.20%
El costo de producción:	
Sube a US\$ 70 x TM	4.74%
Baja a US\$ 45 x TM	3.04%
El precio baja a US\$/ 2,600 y el costo sube a US\$ 60/TM	4.49%

Conociendo el impacto de las variaciones de cada elemento, resulta posible gestionar en las operaciones mineras distintos aspectos relacionados con la ley de corte.

La relación entre el costo unitario con los ingresos que genera el valor del mineral evidencia la importancia del control y gestión de costos, para no impactar en la demanda de mayores porcentajes de ley de corte que pudieran generar disminución de reservas, limitar los planes de minado, o en casos extremos reducir la rentabilidad hasta el punto de generar pérdidas que hagan inviable continuar las operaciones.

Como se indicó anteriormente, este ejercicio numérico partió de la base que la ley de cabeza solo contenía zinc. No obstante, en la realidad de una operación el mineral puede incluir otros metales que contribuirán a generar ingresos que pueden beneficiar a la ley de corte. Si se asume que esta operación minera obtiene ingresos de US\$ 250,000 por la recuperación y producción de las leyes de los demás minerales la ley de corte, tomando el escenario base se vería mejorada como se indica:

Solo ley de zinc	3.3843%
Subproductos	
Ingresos USD(000)	250,000
Valor de mineral (unitario)	10.00
Proporción con valor unit Zinc	0.20
Contribución Ley Equivalente	0.68%
Subproductos	2.71%

Habiendo introducido el concepto de que los subproductos contribuyen y benefician a la ley de corte, se presenta una ilustración sobre la base de una metodología denominada "Valor punto".

Se parte de la premisa que los metales existentes en el mineral tienen una ley de cabeza base de 1% a efectos de darles un valor unitario evaluado inicialmente, que luego se modificará con las leyes de cabeza reales. Con ello se determina el valor del mineral del producto principal con su respectiva ley de corte y se podrá determinar como esta se beneficia con los ingresos de los subproductos para hacer una ley de corte equivalente en el producto principal, en el caso del ejemplo: el zinc.

Ver cuadro 1

Con estos cálculos iniciales se tiene como conclusión que con una ley de 1% de zinc, y los estimados sobre precios de los metales y condiciones comerciales, se tiene un valor neto de ingreso de US\$/TM 14.85, US\$/TM 11.40, US\$/TM 44.72 para zinc, plomo y cobre, respectivamente.

A continuación, veamos la determinación de la ley de corte considerando que previamente se ha validado un costo de producción de US\$60 x TM.

Ver cuadro 2.

Las conclusiones a nivel de ley de corte:

- Ante un valor total de mineral (los tres metales) de US\$/TM 96.73 se tiene una ley en zinc equivalente agregada con la contribución de los subproductos de 6.51%.
- Con esta ley de cabeza equivalente y un costo de US\$/TM 70, el *cut off* queda en 4.7138%. Es decir, un margen de maniobra de ley de cabeza y *cut off* de 1.80%

De nuevo, destacamos la importancia de la gestión de costos para mantener los niveles de rentabilidad y viabilidad del negocio minero. Si este escenario evaluado sufriera dos cambios importantes, tales como el precio de zinc y del cobre disminuyen en 10% y 5%, respectivamente, y además el costo se incrementa a US\$/TM 80, el *cut off* sube a 6.19% y el margen de maniobra se reduce a 0.72%, conforme se presenta a continuación: **Ver cuadro 3**

Estas dos aplicaciones de la determinación y análisis de la Ley de corte nos permiten concluir que el costo de producir una tonelada de mineral tiene una gran importancia e impacto en la ley de corte, así como en la rentabilidad a nivel de mineral.

1.3. Costos de producción del mineral (por método de minado)

En minería se gestiona inicialmente en función de determinar el costo que representa la extracción y el procesado de una tonelada de mineral. Esta determinación general se basa en la suma de los

CUADRO1

Cálculo de los valores punto y cut off**Precios de Metales**

Zinc	USD/t	2,600
Plomo	USD/t	2,100
Cobre	USD/t	9,000

Zinc Ingresos			Plomo Ingresos			Cobre Ingresos		
%Zn	%	1%	%Pb	%	1%	%Zn	%	1%
Precio Zinc Metal	USD/TM	2,600	Precio Plomo Metal	USD/TM	2,100	Precio Cobre Metal	USD/TM	9,000
Rec Zn	%	87%	Rec Pb	%	88%	Rec Cu	%	60%
Pagable	%	85%	Pagable	%	90%	Pagable	%	95%
Valor pagable	USD	19.23	Valor pagable	USD	16.63	Valor pagable	USD	51.30

1% de Cabeza de Zinc en cada tonelada de mineral vale:

Deducciones			Deducciones			Deducciones		
Costo de Tratamiento	USD	257.00	Costo de Tratamiento	USD	300.00	Costo de Tratamiento	USD	280.00
% Zn en Concentrado	%	56.39%	% Zn en Concentrado	%	55.00%	% Zn en Concentrado	%	28.00%
Penalidades	USD	0.4	Penalidades	USD	0.8	Penalidades	USD	0.8
Transporte	USD	11.55	Transporte	USD	11.55	Transporte	USD	11.55
Gastos de exportación	USD	14.75	Gastos de exportación	USD	14.75	Gastos de exportación	USD	14.75
Valor deducciones			Valor de deducciones			Valor de deducciones		
(1 / 56.39) * 0.87 * (257 + 0.4 + 11.55 + 14.75)			(1 / 55.00) * 0.90 * (300 + 0.8 + 11.55 + 14.75)			(1 / 28.00) * 0.95 * (280 + 0.8 + 11.55 + 14.75)		
0.017733641			0.018181818			0.035714286		
87%	0.02	283.70	4.38	88%	0.016	327.10	5.2336	60%

CUADRO2

Valor neto (ingreso)	USD x 1%	Ley Cabeza	USD x Ley	Equivalente	Zn Equiv %
Zinc	Zn 1%	14.85	2.80%	41.58	1.00
Plomo	Pb 1%	11.40	1.70%	19.38	0.47
Cobre	Cu 1%	44.72	0.80%	35.78	0.86
Valor mineral		70.97		96.73	6.51%
Cut off / Reservas					
		Cash Cost	USD/t	70.00	4.7138%
		Margen	USD/t	26.73	Cut-off

CUADRO 3

Valor neto (ingreso)		USD x 1%	Ley Cabeza	USD x Ley	Equivalente	Zn Equiv %
Zinc	Zn 1%	12.93	2.80%	36.20	1.00	2.80%
Plomo	Pb 1%	11.40	1.70%	19.38	0.54	1.50%
Cobre	Cu 1%	42.15	0.80%	33.72	0.93	2.61%
Valor mineral		66.48		89.30		6.91%
Cut off / Reservas						
		Cash Cost	USD/t	80.00		6.1885%
		Margen	USD/t	9.30		Cut-off

costos operativos de Mina, Planta, Mantenimiento e Indirectos (Total Opex) divididos entre la cantidad de mineral que se ha beneficiado en la planta concentradora: mineral tratado. Conforme se revisó en el análisis de Ley de corte, este costo se expresa en US\$ por TM tratada. En una mina subterránea que emplea determinados métodos de extracción, además del costo unitario del mineral general (agregado del yacimiento), podrá ser de su interés gestionar los costos unitarios por cada método de minado, por cuanto el valor del mineral (ingresos) es distinto y, por ende, la rentabilidad que genera y su impacto en la determinación de la ley de corte por cada método.

Una ilustración a nivel agregada por un complejo minero sería la siguiente.

	Presupuesto	Real
Mineral tratado en planta - TM	1,400,000	1,230,560
Costos por procesos - US\$ Miles		
Mina	53,009	48,472
Concentrador	12,705	11,368
Mantenimiento	1,229	1,327
Indirectos	11,887	11,149
TOTAL	78,830	72,316
Costo Unitario - US\$/TM	56.31	58.77

Los costos de extracción y procesado en planta de una TM de mineral representan 56.31 dólares y 58.77 dólares para presupuesto y real, respectivamente. El siguiente paso será el cálculo del ingreso por obtener (NSR) y con ello la determinación de la rentabilidad.

Considerando el interés de gestionar los costos por método de minado, y tomando como referencia la aplicación práctica del capítulo 5, tenemos:

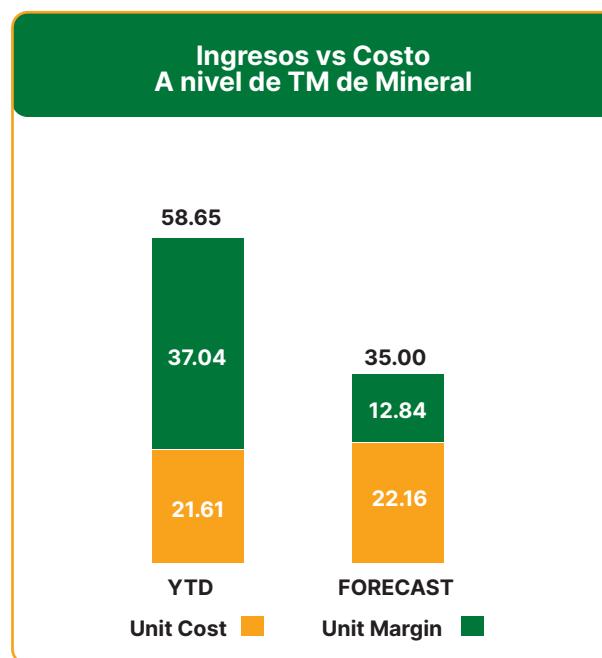
- *Sublevel Stoping (SLS)*: Su costo es de US\$/TM 31.57.
- *Over cut and fill (OCF)*: Su costo es de US\$/TM 47.89.

Dependiendo del foco de la gestión de costos y el nivel del análisis, los costos unitarios se pueden evaluar a nivel agregado de la operación (complejo minero), o en su caso hacerlo por cada método de explotación.

1.4. Análisis del margen de rentabilidad

Habiendo explicado previamente cómo se determina el NSR por TM de mineral, así como la determinación de los costos de producción, sea a nivel total de la mina o distinguiendo los costos por método de minado, es posible calcular los márgenes absolutos o relativos que se obtiene a este nivel inicial de análisis por TM de mineral.

A continuación se presenta una representación gráfica, que permite visualizar que los costos reales en comparación con los esperados (pronóstico) se mantienen estables y que el margen tiende a ser menor, principalmente por la disminución que se espera en el ingreso.



Un análisis similar, pero distinguiendo los ingresos y costos por cada método de minado:

Descripción	Método M102	Método M108	Total
Mineral extraído TM	837,540	227,592	1,065,132
Valor del Mineral - US\$TM	62.50	105.36	71.66
Costos - US\$ TM			
Desarrollo	6.93	6.95	
Preparación	5.40	7.68	
Minado	18.62	42.50	
Concentración (Planta)	7.38	7.31	
Costos de distribución	0.85	0.88	
	39.18	65.32	44.77
Margen de rentabilidad US\$TM	23.32	40.04	26.89
Margen de rentabilidad %	59.5%	61.3%	60%
Contribución en producción %	78.6%	21.4%	100%
Contribución en rentabilidad %	79%	21%	100%

Si bien el método M108 genera una rentabilidad de US\$/TM 40 muy superior a la del método M102, su contribución a la rentabilidad del Total de mina es únicamente 21%, debido a su menor nivel de extracción de mineral. A nivel de rentabilidad independiente, el método M102 genera mayor rentabilidad.

2. Ingresos provenientes de concentrados de mineral y costo de producción

Concluido el proceso productivo de un período determinado, la planta concentradora, fundición o refinería reportan los productos finales que pueden ser refinados o concentrados de mineral. Tratándose de un producto refinado es posible tomar directamente los precios de los metales según las cotizaciones de los mercados internacionales, como el London Metal Exchange (LME), y resulta simple determinar el valor de ingreso de este producto al multiplicar por las cantidades físicas comercializadas en las unidades respectivas (toneladas, libras, onzas). En el caso de los ingresos por los concentrados se debe seguir un procedimiento especial de valorización basado en las cotizaciones internacionales, contenidos metálicos pagables y ciertas deducciones.

En este punto se desarrollará inicialmente la valorización de los concentrados para determinar su

ingreso y luego comparar con sus respectivos costos de producción para determinar la rentabilidad de cada producto. Esto toma mayor importancia cuando se trata de una producción minera polimetálica que se presentará más adelante.

2.1. Ingresos por contenidos metálicos pagables:

Los contenidos metálicos físicos se determinan en función de los ensayos (análisis de laboratorio) que reportan los porcentajes o unidades de metales presentes en los concentrados.

De acuerdo con los contratos de venta de estos productos, se establecen los conceptos de contenidos pagables por cada metal. Esto tiene una relación directa con la estimación de las futuras pérdidas metalúrgicas que significa los procesos de fundición o refinería y que, en el marco de los términos comerciales, constituye una deducción.

Por citar se tienen las siguientes condiciones de "pagables" en los contratos de venta:

- Zinc: Se paga el 85% del contenido metálico físico o se deducen ocho unidades porcentuales de contenido y se paga el que resulte menor.
- Plomo: De manera similar el contrato puede establecer un pagable de 95% y una deducción mínima de tres unidades porcentuales.
- Cobre: Se paga 90% y se deduce una unidad.
- Plata: Se paga 90% y puede tener una deducción de hasta cuatro unidades.

Veamos ahora a modo de ejemplo, cómo se determinan estos términos acordados de pagables y con las cotizaciones de los metales vigentes y aplicables se obtienen los ingresos correspondientes. **Ver cuadro 4.**

En esta primera parte de la valorización se concluye que por una TMS de concentrado de cobre se obtienen un ingreso (pago) de US\$/TM 2,296.51 y si la venta es de 5,016.79 TMS, el ingreso total es de 11 521 108 dólares.

Deducciones

Estos conceptos significan principalmente los costos que se incurrirán para efectuar los procesos siguientes de fundición y refinería. Entre los cuales se tiene a los cargos de tratamiento (maquila) y cargos por refinación necesarios para la recuperación de los metales contenidos en los concentrados. Estos son términos acordados con los compradores que pueden regir para el abastecimiento de un período determinado o para entregas particulares denominadas spot.

Otro concepto que integra las deducciones son las penalidades derivadas de los contenidos de otros elementos que perjudican el proceso de fundición o refinación.

CUADRO 4

PRODUCTO: Concentrado de cobre							
	Pesos	Ensayes pagables		Ensayes penalizables		Periodo de cotización	Precios
Humedo:	5,524.00	Cu:	23.55%	As	0.66%	Abril 2025	9,100.00 US\$/mt
Humedad	9%	Ag:	8.231 oz/mt	Zn	5.07	Abril 2025	33.00 US\$/Oz
Seco:	5,026.84			F	775.000ppm		
Merma	0.20%			Mgo	3.35%		
Seco Neto	5,016.79						
INGRESOS POR CONTENIDOS PAGABLES							
				Deducción mínima		US\$ DMT	
Cu		96.50%		1.000 unidad		2,052.05	
Ag		90%		0		244.46	
						2,296.51	
Total pagos							

Tomando como referencia la publicación de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía sobre **¿cómo se calcula el valor de los concentrados de minerales?** que se publica en el anexo 1, se puede apreciar en el siguiente cuadro los contenidos metálicos que se pagan y los elementos que se penalizan:

Elementos normalmente considerados en la valorización de conceptos			
	Conc. de Cobre	Conc. de Zinc	Conc. de Plomo
Metales pagables			
Plata	X	X	X
Oro	X	X	X
Cobre	X		
Zinc		X	
Plomo			X
Elementos penalizables			
Antimonio	X	X	X
Arsénica	X	X	X
Mercurio	X	X	X
Manganese		X	
Bismuto	X		X
Plomo	X		
Cloro	X		
Cadmio		X	
Fluor	X		
Fierro		X	
Sílice		X	
Zinc	X		X

Habiendo definido los conceptos de las deducciones y completando la valorización de ejemplo se presenta ahora las deducciones:

DEDUCCIONES		
	US\$/TM	
Cargo de tratamiento		153.5
Cargo de refinación	Cu	6.83
	Ag	3.96
Penalidades	As	9.2
	Zn	6.21
	F	4.45
	Mgo	4.05
Total deducciones		188.2

Las deducciones suman US\$/TM 188.2, que multiplicadas por el tonelaje vendido hacen un total de 944,160 dólares.

En resumen, el valor neto de esta venta asciende a 10 576 948 dólares.

Para complementar el procedimiento de valorización de los concentrados, se presenta a continuación una valorización integrada tomado como referencia la venta de un concentrado de plomo que tiene como metal principal contenidos de plomo y como secundarios plata y cobre. **Ver cuadro 5.**

CUADRO 5

				Factura Final	
TMS - Concentrados de Plomo				4,500,000	
Ensayos (metal en concentrado)					
plomo	(%)			42,670	
plata	gramos			3.598,594	
cobre	%			18.744	
Precio LME					
Plomo	US\$/TMF			2,080.00	
Plata	Oz			32.00	
Cobre	US\$/TMF			9,000.00	
Oro	Oz				
Pagables por contenido metálico					
	Pago	Dedu-Min	Ley Pagable	Dedu-Uni	
Plomo	95.00	3.00			Ley Pagable
Plata	95.00	50.00			39.6700
Cobre	80.00		2.50		109.9130
					12.9950
Unitarios Pagables					
Plomo	US\$/TMF				825.14
Plata	US\$/Oz				3,517.22
Cobre	US\$/TMF				1,169.55
Neto pagable - Unitario US\$					5,511.90
Neto pagable - Total US\$					24,803,559
Deducciones					
Cargo de tratamiento US\$/TM					264.28
Cargo de refinación					130.72
Papelizados elementos contaminantes					56.57
Total deducciones					451.57
Neto precio unitario por TM de Concentrado					5,060.00
Valor total					22,771,494

En este caso se tiene pagables por los contenidos de plomo, plata y cobre y las deducciones comprenden de manera resumida cargos de tratamiento, refinación y penalidades. El valor unitario neto es de US\$/TM 5,060 y el ingreso total por esta venta es de 22 771 494 dólares.

2.2. Costos de producción de los concentrados (minas polimetálicas)

En el capítulo 5 se concluyó que el objetivo final de determinar el costo de producción es la valorización de los inventarios (refinados o concentrados), que posteriormente generarán los ingresos conforme se ha detallado en el punto anterior.

Precisamente, tomando como referencia el costo de producción de los concentrados de cobre que se presenta en este capítulo de US\$/libra 1.5223, se procede a calcular el equivalente de costos a nivel de concentrados, para el costo de la valorización presentada antes. **Ver cuadro 6.**

2.3. Análisis del margen de rentabilidad

El margen de rentabilidad, sea absoluto o relativo, se obtiene restando a los ingresos el correspondiente costo de producción.

Antes se había presentado la valorización de un concentrado de cobre que ascendió a 10 576 948 dólares, y en el punto anterior se ha determinado que el costo de producción es de 3 965 119 dólares, se tendría un margen de rentabilidad de 6 611 829 dólares, que representa una ganancia de 62.5% respecto al ingreso por ventas y 167% si la comparación se realiza con el costo de producción o las ventas.

Para complementar este análisis veamos ahora el caso de una empresa minera polimetálica, que, por la ley de cabeza del mineral, produce concentrados de zinc, plomo y cobre. Por el lado del costo de producción, regularmente desde su acumulación y conformación durante el proceso no es factible identificar los costos que puedan ser asignados a

CUADRO 6

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE VENTAS Y VALUACIÓN DE LOS INVENTARIOS Producción de cobre Refinado			
Julio 2025 - Miles de dólares			
DESCRIPCIÓN	Miles Lbs de CU	DÓLARES	C.U./Libra
Cobre en CONCENTRADORA			
Inventario inicial de concentrado	7,312	10,176	1.39168
Costo de la Mina		24,600	
Costo de la Concentrador	25,368	15,100	0.59524
Total costo del concentrado producido	25,368	39,700	1.56496
Concentrado enviado a Fundición	29,711	45,230	1.52232
Inventario final de concentrado	2,969	4,646	1.56496
Costo de producción:			
TMS - vendidas		5,016.79	
Contenido metálico		23.55%	
Cobre equivalente en finos - TM		1,181.45	
Cobre equivalente en Libras		2,604,655	
Costos libra US\$/libra		1.52232	
US\$		3,965,119	

cada tipo de concentrados que se producirá. Por ello, a menudo una vez controlado y determinado el costo de producción se realiza un cálculo de asignación de los costos hacia cada concentrado sustentado en la contribución económica medida con base en los ingresos que se obtendrán de cada producto.

Veamos una aplicación práctica:

El área de control de costos ha reportado el costo de producción de una mina polimetálica según el cuadro siguiente:

Costo de producción:	
Procesos	US\$ (000)
Mina	15,500.00
Planta	7,376.00
Mantenimiento	4,046.00
Indirectos-Administrativos	7,870.00
Total	34,792.00

De manera complementaria, la planta ha informado la producción de 10,750, 4,500 y 5,016 toneladas métricas de concentrados de zinc, plomo y cobre, respectivamente.

Para integrar con las valorizaciones de concentrados de cobre y plomo presentadas antes, se toma como referencia para la asignación los costos de los productos, los precios unitarios de venta

US\$/TM 2,108 y US\$/TM 5,060, respectivamente. Como complemento, asumiendo que se ha aplicado un procedimiento similar, se ha valorizado un precio unitario de US\$/TM 1,010 en la estimación de venta de los concentrados de zinc. Con estos datos se puede calcular los ingresos, costos y márgenes de rentabilidad según se presenta a continuación.

Ver cuadro 7.

El procedimiento seguido para el “costeo” de los concentrados es determinar el grado de contribución económica, concluyendo lo siguiente: zinc, 25%; plomo, 52%; y cobre, 24%. Luego, en función de estos porcentajes se asigna el costo total de producción de US\$ (000) 34,792.

Este procedimiento para asignar los costos se ha efectuado asumiendo que la producción se vende con los precios referenciales disponibles al cierre del período del costeo.

Al contar con la información de ingresos y costos por cada producto, es posible determinar la rentabilidad individual en valores absolutos y relativos que se indica. Se aprecia que, por el método de asignación de costos, no se marcan diferencias de márgenes, puesto que tanto por producto y total, los porcentajes de rentabilidad son los mismos.

Los márgenes de rentabilidad finales se obtendrán cuando los concentrados sean vendidos y con precios distintos por las variaciones que se generen principalmente por las cotizaciones de los metales. En ese escenario, y asumiendo que al vender los productos, los precios unitarios de venta han

CUADRO 7

Producción		Zinc	Pb	Cobre	Total
Concentrados:	TMS	10,750	4,500	5,016	20,266
Precio unitario	US\$/TM	1,010	5,060	2,108	
Ingresos	US\$ (000)	10,858	22,770	10,574	44,201
Contribución	%	24.6%	51.5%	23.9%	
Costos	US\$(000)	8,546	17,923	8,323	34,792
Costos unitarios	US\$/TM	795	3,983	1,659	
Rentabilidad	US\$/TM	2,311	4,847	2,251	9,409
Rentabilidad - Ingresos	%	21.3%	21.3%	21.3%	21.3%
Rentabilidad - Costos %	%	27.0%	27.0%	27.0%	27.0%

cambiado según se indica: zinc sube 5%, plomo baja 10% y cobre disminuye 5%.

Con estas variaciones de los precios, los ingresos y los márgenes son los que se presentan en el cuadro siguiente. **Ver cuadro 8.**

Se concluye que los márgenes de rentabilidad por cada producto se evaluarán finalmente con los precios de venta reales, que conforme se muestran en el cuadro anterior han cambiado respecto a los márgenes iniciales calculados al realizarse el "costeo" de los inventarios. El margen general (total, según el cuadro) expresado en dólares se integrará y reflejará en la determinación del EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*).

incurridas en los procesos reales indicados se cubren con el concepto comercial denominado "contenidos metálicos pagables", de los cuales se ha hablado en el punto anterior y que contemplan deducciones al contenido metálico físico. Podemos hablar entonces del concepto **Metal equivalente pagable**, a partir del cual se puede analizar los ingresos que generan estos contenidos metálicos pagables y como contrapartida calcular y expresar los costos asociados sobre estas bases. Se concluye que a pesar de que la producción real es de concentrados de minerales, el análisis y evaluación de ingresos, costos y margen de rentabilidad se puede realizar como si fueran productos refinados. Esta necesidad responde a las siguientes preguntas:

¿Cuál es el precio mínimo de un metal *break even* que soporta mi operación?

¿Cuán cerca están los ingresos unitarios por TM metal del mercado con mi precio realizado?

¿Cuál es el impacto de los términos comerciales en el precio unitario?

¿Cuál es el grado de contribución de los subproductos?

Regularmente, una operación minera maneja los costos e ingresos a nivel de:

3. Ingresos por metal fino y costo equivalente

Las empresas mineras que no producen metales refinados requieren tener una referencia (acercamiento) con el mercado, mediante el análisis del **Metal Equivalente**. Esto significa que, tomando los contenidos metálicos de los concentrados, se puede determinar las toneladas, libras u onzas que se obtendrían si se hubiera efectuado el proceso de fundición y refinería. Ya que esta es una aproximación teórica, las pérdidas metalúrgicas

CUADRO 8

Ventas & Costo de ventas		Zinc	Pb	Cobre	Total
Concentrados:	TMS	10,750	4,500	5,016	20,266
Precio unitario	US\$/TM	1,061	4,554	2,003	
Ingresos	US\$ (000)	11,400	20,493	10,045	41,938
Costos	US\$ (000)	8,792	18,438	8,562	35,792
Rentabilidad	US\$(000)	2,608	2,055	1,483	6,146
Rentabilidad - Ingresos	%	22.9%	10.0%	14.8%	14.7%
Rentabilidad - Costos	%	29.7%	11.1%	17.3%	17.2%

- US\$/TM por mineral tratado en planta
- US\$/TM por concentrado producido

Sin embargo, es necesario conocer también US\$/TM por metal fino (refinado) para medirse con el mercado y efectuar el análisis económico desde una visión gerencial y estratégica.

3.1. Valor del metal

En este caso se trata de darle valor a los contenidos metálicos físicos por sus contenidos pagables, según las condiciones comerciales. En el punto anterior se ha presentado inicialmente el concepto de los contenidos metálicos pagables, y luego la valorización de estos. Para darle continuidad y enlace a esta información, la traemos ahora a nivel de resumen:

- Ingreso unitario por contenidos metálicos pagables en el concentrado de cobre: US\$/TM 2,296.51
- Ingreso unitario por contenidos metálicos pagables en el concentrado de plomo: US\$/TM 5,512

Para trabajar en el presente punto, se presenta el procedimiento de cálculo del precio unitario de zinc: 1,010 dólares para mostrar cómo se ha determinado este valor y con ello tener el valor unitario de tres contenidos metálicos. *Ver cuadro 9.*

Se destaca entonces que por la producción de zinc se tiene un contenido metálico pagable de TMF 5,025 y que su valor unitario antes de deducciones es de 1,332 US\$/TMF.

Con el detalle de este elemento y los concentrados de plomo y cobre presentados en el punto anterior, se tiene el siguiente valor del metal. *Ver cuadro 10.*

Esta información base de contenido metálico pagable, y valor del metal será utilizada e integrada a los puntos siguientes.

3.2. Costo equivalente a metal fino

Contando con la información del contenido metálico pagable, los costos operativos, las deducciones comerciales como cargos de tratamiento y penalidades, y los créditos que generan los subproductos, se puede obtener los costos a nivel de metal, dividiendo entre esta base, con lo cual se puede aplicar el concepto **Costo equivalente de metal fino**, que se basa principalmente en los siguientes elementos:

- Elegir el metal representativo de los ingresos (metal de referencia).
- Partiendo de los ingresos que genera el metal de referencia, se determina el metal equivalente (en finos). Otra forma equivalente es basado en el contenido metálico pagable.

CUADRO 9

Metal fino equivalente - pagable		
Concentrados de zinc producidos	TMS	10,750
Contenido metálico	%	55%
Metal físico en el concentrado	TMF	5,913
Pagable: 85% o deducción 8% (el menor)	TMF	5,025
Valorización		
Cotización LME	US\$/TM	2,850
Contenido metálico	%	55%
Precio por contenido metálico	US\$/TMF	1,568
Pagable: 85% o deducción 8% (el menor)	US\$/TMF	1,332
Deducciones:		
Cargo de tratamiento - Concentrado	US\$/TM	(280)
Penalidades (varios elementos)	US\$/TM	(42)
Precio unitario	US\$/TM	1,010

CUADRO 10

		Zinc	Plomo	Cobre
Concentrados	TMS	10,750.00	4,500.00	5,017
Contenido metálico	%	55.00%	42.67%	23.55%
Metal contenido	TMF	5,913	1,920	1,181.45
Pagable	%	85.0%	92.97%	95.45%
Contenido metálico pagable	TMF	5,026	1,785	1,131.29
Cotización - LME	US\$/TMF	2,850	2,080	9,100
Valor	US\$(000)	14,323	3,713	10,295

- El costo operativo total se asigna al metal de referencia y los ingresos por los metales subproductos son un crédito a los costos operativos.
- Los costos totales en dólares se dividen entre el metal equivalente (TMF) para hallar los costos unitarios US\$/TMF

Para desarrollar este ejercicio, se ha tomado al **zinc como metal principal** y entonces el cálculo será el siguiente:

Costos totales:

- Se tiene un costo operativo de US\$ (000) 34,792
- Los costos de tratamiento y penalidades ascienden a US\$ (000) 3,462 (US\$ 322 × 10,750 TMS)
- Los ingresos de los subproductos, en este caso los ingresos de plomo y cobre llegan a 22,750 dólares y 10,574 dólares, respectivamente.

Con estos datos, el cálculo del **cash cost**, equivalente a metal fino, es el que se muestra a continuación. **Ver Cuadro 11.**

Se concluye que el costo equivalente a metal fino es de US\$/TMF 977. Es decir, representa el costo de

una producción integrada que incluye el supuesto de haber efectuado los procesos de fundición y refinería, que reflejan las pérdidas metalúrgicas equivalentes por el concepto de pagables y los costos que representan estos procesos. Este costo se compara luego con el precio del metal en el mercado internacional para determinar el margen de rentabilidad o maniobra y los análisis complementarios.

Se aprecia una importante contribución en el crédito por subproductos, generada por los ingresos obtenidos de la producción de los concentrados de plomo. En menor proporción, la producción de concentrados de cobre.

Precisamente, esto último nos lleva a preguntarnos si los metales de referencia podrían ser el plomo y cobre, en lugar del zinc. Veamos cómo resulta el costo en estos escenarios. **Ver cuadro 12.**

La conclusión es: si se toma el plomo como metal principal de referencia, el costo resulta mucho mayor al precio de mercado del metal refinado. En el caso de cobre, su costo si estaría cubierto por el precio internacional.

CUADRO 11

Metal zinc equivalente - Pagable	TMF	5,026
Costo operativo	US\$(000)	34,792
Cash Cost - Operativo	US\$/TMF	6,923
Costo de tratamiento & penalidades	US\$(000)	3,462
Cash Cost - Deducciones	US\$/TMF	689
Crédito subproductos	US\$(000)	(22,770)
Cash Cost - crédito subproductos - Plomo	US\$/TMF	(4,531)
Crédito subproductos	US\$(000)	(10,574)
Cash Cost - crédito subproductos - Cobre	US\$/TMF	(2,104)
Total Cash Cost . Zinc metal equivalente	US\$/TMF	977

CUADRO 12

Metal principal de referencia: Plomo	TMF	1,785
Metal plomo equivalente - Pagable	TMF	1,785
Costo operativo	US\$(000)	34,792
Cash Cost - Operativo	US\$/TMF	19,490
Costo de tratamiento & penalidades	US\$(000)	2,032
Cash Cost - Deducciones	US\$/TMF	1,138
Crédito subproductos	US\$(000)	(10,858)
Cash Cost - crédito subproductos - Zinc	US\$/TMF	(6,082)
Crédito subproductos		(10,574)
Cash Cost - crédito subproductos - Cobre		(5,923)
Total Cash Cost . Plomo metal equivalente	US\$/TMF	8,623

Metal principal de referencia: Cobre		
Metal cobre equivalente - Pagable	TMF	1,131
Costo operativo	US\$(000)	34,792
Cash Cost - Operativo	US\$/TMF	30,754
Costo de tratamiento & penalidades	US\$(000)	944
Cash Cost - Deducciones	US\$/TMF	834
Crédito subproductos	US\$(000)	(10,858)
Cash Cost - crédito subproductos - Zinc	US\$/TMF	(9,597)
Crédito subproductos		(22,770)
Cash Cost - crédito subproductos - Plomo		(20,128)
Total Cash Cost . Cobre metal equivalente		1,864

Cabe comentar que en el caso del ingreso de los concentrados de plomo, el contenido de plata contribuye a los ingresos totales con el 64%. Una opción es que estos ingresos se destinen al incremento del contenido de plomo pagable que en este caso representaría un aumento de 7,609 TMF de plomo. Con ello el plomo pagable sube a 9,394 TMF, y por tanto el costo baja a US\$/TMF 1,639, mucho más razonable para su comparación con la cotización del mercado que se verá en el punto siguiente. *Ver cuadro 13.*

Para finalizar este análisis de costos y dada la importancia de los ingresos que genera el contenido de la plata, volvemos al análisis principal original del **zinc como metal principal de referencia** y se hará el siguiente ejercicio de sensibilidad considerando un nuevo valor de los concentrados de plomo:

- El precio de la plata baja a US\$/oz 27 (en el escenario base US\$/oz 32)
- El contenido de plata se reduce 10%, quedando en 3,238.73 gramos (en base 3,598.594)

Con estos dos cambios, el valor del concentrado de plomo sería de 18 962 924 dólares (sin los cambios indicados 22 771 494 dólares).

El **cash cost** equivalente a zinc fino quedaría conforme se presenta seguidamente. *Ver cuadro 14.*

Subió a US\$/TMF 1,735 y antes US\$/TMF 977. En este breve ejercicio se pretende poner en atención la importancia de los subproductos en el **cash cost** y, en particular, de un metal: la plata contenida en el subproducto concentrado de plomo.

3.3. Análisis de rentabilidad

En esta última parte se presenta y comenta sobre el margen de rentabilidad que se obtiene de comparar el precio del metal refinado, según los mercados internacionales, con el **cash cost** a nivel de metal equivalente.

CUADRO 13

Metal plomo equivalente - Pagable		TMF	9,394
Costo operativo	US\$(000)	34,792	
Cash Cost - Operativo	US\$/TMF	3,704	
Costo de tratamiento & penalidades	US\$(000)	2,032	
Cash Cost - Deducciones	US\$/TMF	216	
Crédito subproductos	US\$(000)	(10,858)	
Cash Cost - crédito subproductos - Zinc	US\$/TMF	(1,156)	
Crédito subproductos		(10,574)	
Cash Cost - crédito subproductos - Cobre		(1,126)	
Total Cash Cost . Plomo metal equivalente			1,639

CUADRO 14

Metal zinc equivalente - Pagable	TMF	5,026
Costo operativo	US\$(000)	34,792
Cash Cost - Operativo	US\$/TMF	6,923
Costo de tratamiento & penalidades	US\$(000)	3,462
Cash Cost - Deducciones	US\$/TMF	689
Crédito subproductos	US\$(000)	(18,963)
Cash Cost - crédito subproductos - Plomo	US\$/TMF	(3,773)
Crédito subproductos	US\$(000)	(10,574)
Cash Cost - crédito subproductos - Cobre	US\$/TMF	(2,104)
Total Cash Cost . Zinc metal equivalente	US\$/TMF	1,735

Tomando la información del punto anterior que define al **zinc como metal principal de referencia**, se tienen los márgenes siguientes. **Ver cuadro 15.**

Otra situación que impacta en el margen de rentabilidad, además del **cash cost**, sería directamente la reducción de la cotización internacional del precio del metal de referencia. En este caso, asumiendo que esta cotización baja en 20%, los márgenes se reducen según se muestra en este cuadro. **Ver cuadro 16.**

Hasta ahora el análisis se ha enfocado en los costos de operativos (Opex) y en las condiciones comerciales que en esta metodología representa los cargos de tratamiento o refinación. Sin embargo, un análisis más integrado podría incluir el Cash cost que representa las inversiones de capital (Capex), que para este fin se asume que alcanzan a US\$ (000) 8,000. Esta inclusión conlleva las siguientes situaciones. **Ver cuadro 17.**

CUADRO 15

	Escenario base	Escenario sensibilizado
Precio de zinc refinado	US\$/TMF	2,850
Cash cost a zinc metal equivalente	US\$/TMF	(977)
Margen - Rentabilidad	US\$/TMF	1,873
Margen - Rentabilidad	%	66%
		39%

CUADRO 16

	Escenario base	Escenario sensibilizado
Precio de zinc refinado	US\$/TMF	2,280
Cash cost a zinc metal equivalente	US\$/TMF	(977)
Margen - Rentabilidad	US\$/TMF	1,303
Margen - Rentabilidad	%	57%
		24%

CUADRO 17

	Escenario base	Escenario sensibilizado (1)	Escenario sensibilizado (2)
Precio de zinc refinado	US\$/TMF	2,850	2,280
Cash cost a zinc metal equivalente	US\$/TMF	(977)	(1,735)
Margen - Rentabilidad	US\$/TMF	1,873	1,115
Cash cost a zinc metal equivalente CAPEX	US\$/TMF	(1,592)	(1,592)
Margen Luego de Cash cost incluyendo CAPEX		281	(477)
Margen - Cash	%	9.9%	-16.7%
			-12.7%

(1). Menor crédito por subproductos

(2). Disminución 20% precio zinc refinado

Se aprecia que solo en el escenario base, el precio del metal cubre los requerimientos para solventar el **cash cost** y Capex.

Desde un nivel estratégico y visión gerencial, el análisis se enfocaría en tomar decisiones respecto a, entre otros aspectos:

- Incrementar las leyes de cabeza y recuperaciones metalúrgicas para generar mayor producción de metal fino
- Controlar y optimizar los costos operativos
- Tomar coberturas de precios de los metales por alguna parte de la producción
- Manejar las condiciones comerciales en cuanto a pagables de metal, cargo por tratamiento, refinación y penalidades
- Dimensionar las inversiones de capital hasta la generación de márgenes operativos de cash, frente a acudir a financiamientos de terceros.

4. Análisis Costo-Volumen-Utilidad

En la agenda de la contabilidad administrativa encontramos el uso regular del análisis gerencial de Costo-Volumen-Utilidad (CVU), que tiene como objetivo inicial calcular la utilidad operativa y como complemento encontrar un punto de equilibrio (*Break even Point*), referido a la cantidad de producir o vender un determinado producto. Es decir, una cantidad que iguale los ingresos con los costos, reconociendo que estos se comportan como variables y fijos.

Luego de puntualizar y repasar brevemente las bases de este modelo, se desarrolla una aproximación de su aplicación a un negocio minero.

4.1 Supuestos del modelo

La ecuación para encontrar el punto de equilibrio parte de la determinación de Utilidad Operativa (UO), que se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{UO} = \text{Precio unitario} \times \text{Cantidad (Q)} - \text{Costo Variable unitario} \times \text{Cantidad (Q)} - \text{Costos fijos}$$

Si se dispone de la siguiente información, es posible calcular la UO

Ingresos:	US\$
Precio unitario de venta- US\$	1,000.00
Cantidad (Q)	4,000.00
	4,000,000
Costos:	
Variables	1,950,000
Fijos	1,575,000
Costo Variable Unitario	488
Costos variable unitario x Q	(1,950,000)
Costo fijo	(1,575,000)
Utilidad operativa	475,000

En el concepto de encontrar un Punto de Equilibrio (PE), la cantidad (Q) de equilibrio se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{PE (Q)} = \text{Costos fijos} / \text{Precio unitario} - \text{Costo Variable Unitario (CVU)}$$

Aplicando esta igualdad, tenemos que el punto de equilibrio será producir y vender 3,073 unidades:

Punto de equilibrio	
Costos Fijos	1,575,000
Precio unitario	1000
Costo Variable Unitario	(488)
Contriñución marginal unitaria	512.50
Punto de equilibrio (Q)	3,073

La comprobación es la siguiente:

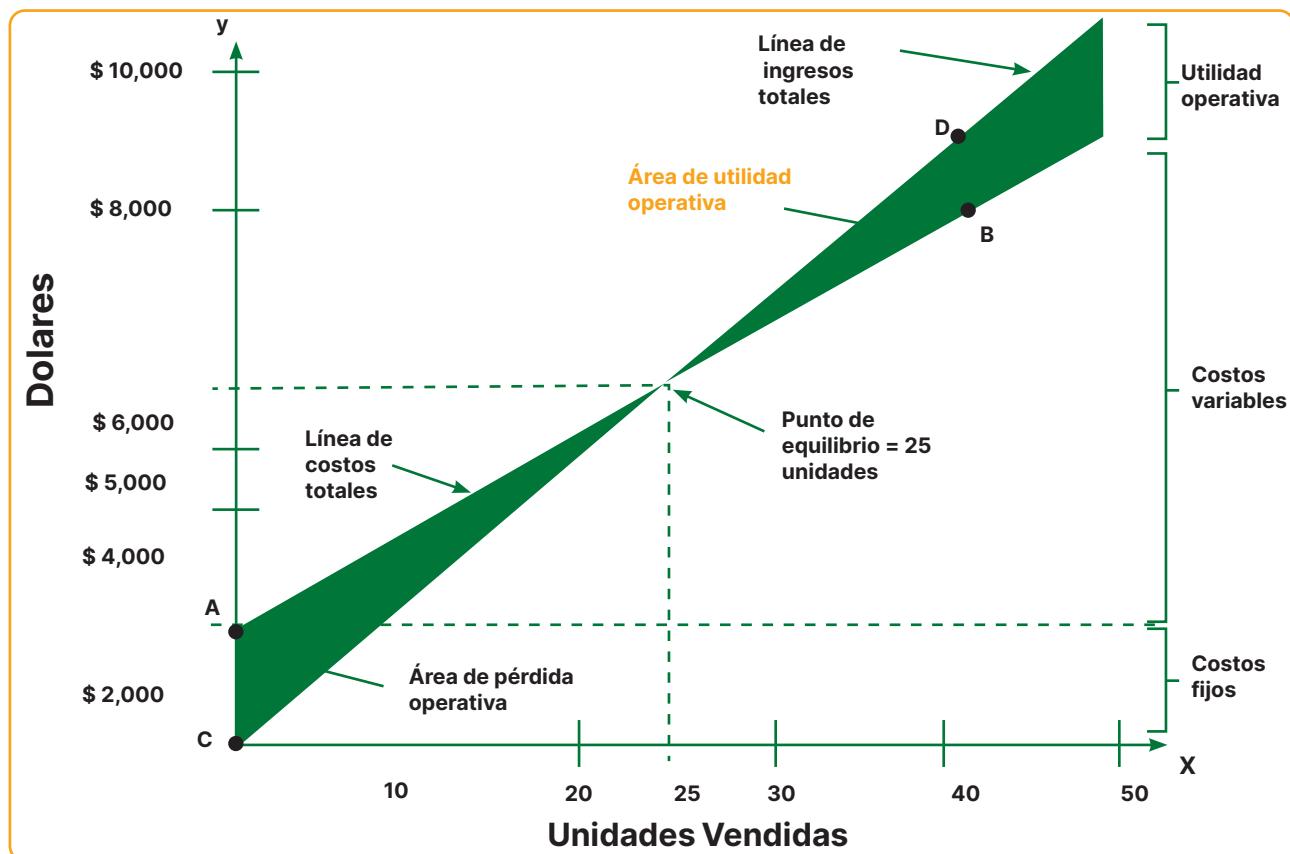
Ingresos:	US\$
Precio unitario de venta- US\$	1,000.00
Cantidad (Q)	3,073
	3,073,170
Costos:	
Variables	1,498,170
Fijos	1,575,000
Costo Variable Unitario	488
Costos variable unitario x Q	(1,498,170)
Costo fijo	(1,575,000)
Utilidad operativa	(0)

El análisis de CVU se basa en los siguientes supuestos:

- Cambios en los niveles de ingreso y costo se deben a cambios en el número de unidades de producto.
- Los costos totales pueden separarse en dos componentes: fijos y variables.
- En la representación gráfica, los comportamientos de los ingresos y costos totales son lineales en relación con un nivel de producción dentro de un rango relevante.
- El precio de venta, el costo variable unitario y los costos totales son conocidos y constantes.
- El análisis cubre ya sea un solo producto, o asume que la proporción de diferentes productos permanecerá constante a medida que el nivel de unidades vendidas totales cambia.
- Se pueden sumar, restar y comparar todos los ingresos y los costos sin considerar el valor del dinero en el tiempo

La expresión gráfica que se presenta a continuación ayudará a confirmar estos supuestos. *Ver esquema 1.*

ESQUEMA 1



Nota: Supuestos y gráfica tomados de Charles T. Horngren. Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. Decimocuarta edición. Pearson Educación, México, 2012.

Basados en este marco teórico del análisis CVU y con el objetivo de llevarlo como aplicación a minería, podemos sentar las siguientes bases equivalentes:

- **Precio unitario:** La cotización internacional del metal que es materia del análisis o el precio realizado en las ventas del período que se evalúa.
- **Cantidad (Q):** Las toneladas, libras, onzas, del metal refinado producido o vendido o su equivalente en finos de metal si la empresa es productora de concentrados.
- **Clasificación de los costos operativos:** Una revisión conceptual y numérica para determinar los costos que se comportan como variables y fijos.

4.2 Costos fijos y variables

En el capítulo II se presentaron las definiciones de costos variable y fijos como se indica:

- **Un costo variable** es aquel que cambia en total en proporción a los cambios en el nivel relacionado con el volumen o la actividad total. Regularmente, estos costos están muy ligados al proceso principal de producción y se incurren en función de ciertos indicadores de los materiales o mano de obra para una unidad de producción.
- **Un costo fijo** es aquel que permanece sin cambios en total por un período dado, pese a los grandes cambios en el nivel relacionado

con actividad o volúmenes totales. Son costos relacionados con las actividades que dan el soporte al proceso de producción.

Revisando los costos operativos de una empresa minera podemos tener los siguientes lineamientos para trabajar en esta clasificación:

Una mirada inicial y general podría ser la combinación de los costos acumulados en los procesos operativos con los respectivos elementos de costos.

- Los costos de materiales, servicios y energía eléctrica incurridos en mina, planta, lixiviación, fundición y refinería se comportan como variables. La mano de obra es fija.
- Los costos acumulados por centros de costo con sus respectivos elementos de costos de las actividades indirectas-administrativas se comportan como fijos.

Un análisis más detallado y fino podría ser la identificación en los procesos productivos de mina, planta, lixiviación, fundición y refinería, los materiales, servicios o equipos (horas de operación) que tienen un indicador (KPI o driver) de uso físico del recurso con el nivel de actividad requerido para la operación minera y que por tanto su uso o consumo depende de la actividad productiva (mineral extraído, mineral beneficiado en planta, concentrado fundido o ánodos refinados)

y que causan costos variables. Esto puede incluir a los materiales o servicios que demandan los equipos mineros por hora de operación y según las horas que demanda la actividad productiva se causarán mayores o menores costos al tener un comportamiento variable.

A modo de ejemplo citaremos al uso de los siguientes recursos de mina que causan costos variables. **Ver Cuadro 18.**

Como complemento a estas definiciones e identificación de costos variables, se recomienda consultar el **capítulo 3 de este manual**, en el cual se ha efectuado un recorrido de las actividades del proceso productivo (mina, planta, lixiviación, fundición y refinería), presentando los **indicadores de consumo físico** y los principales KPI de performance de costos, con lo cual se facilita el análisis y la determinación de los costos variables.

4.3. Punto de Equilibrio

Con los fundamentos teóricos del modelo CVU y la clasificación de los costos en variables y fijos, se presentan a continuación dos aplicaciones:

Desde la perspectiva de operaciones

El caso que se desarrolla como ejemplo de aplicación, corresponde una operación minera que produce concentrados de zinc como producto principal y otros subproductos que le generan ingresos complementarios.

En este primer bloque de información se presenta la producción de los concentrados de zinc y el metal fino pagable que asciende a 108,375. Para el modelo CVU representa el elemento: Cantidad (Q).

Luego se presentan todos los conceptos de costos que se han incurrido en la producción de la unidad minera, los costos comerciales y distribución, así como la depreciación y los costos corporativos. Conforme a ello, a modo de referencia inicial se han calculado los **cash cost** a niveles C1, C2 y C3. **Ver cuadro 19.**

Con este primer cuadro se concluye que los costos a nivel de TMF se van incrementando conforme se incorporan los elementos por considerar para cada corte de **cash cost**.

CUADRO 18

Materiales empleados	PU (\$)	KPI Físico	Nivel de actividad	Costo variable
Anfo emulsión para voladura	2.5	3 kg x	TM	480,000
Aceros de perforación	3.75	8 kg x	metro	9,750
Combustible para equipo de carguío	5	350 lts x	hora	5,600
Cemento para relleno	0.75	2 kg x	m3	125,000
				13,880,000

Un segundo bloque muestra la clasificación de los costos en variables y fijos en el caso de los incurridos en la operación minera. La depreciación y gastos corporativos son costos fijos. **Ver cuadro 20.**

Teniendo los elementos necesarios: Toneladas finas de zinc (Q), precio unitario de zinc refinado US\$/TMF 2,500 y la clasificación de los costos en variables y fijos, es posible calcular los puntos de equilibrio a nivel de metal fino equivalente, para cada tipo de cash cost C1, C2 y C3. **Ver Esquema 2.**

Ante un precio del metal zinc refinado US\$/TMF de 2,500, se determina la producción y/o venta de metal de TMF 42,430, TMF 74,420 y TMF 109,570 para cubrir los puntos de equilibrio, considerando los costos C1, C2, y C3, respectivamente.

Con este “análisis base” luego se pueden plantear *assumptions* para evaluar el impacto en los referidos PE ante cambios en los elementos que lo determinan. **Ver cuadro 21.**

Desde la perspectiva económica partiendo del Estado de Resultados

Una manera diferente de calcular el PE es con la lectura del Estado de Resultados y complemento de la información de producción y comercial.

La información resumida para el análisis es la siguiente. **Ver cuadro 22.**

Con la información proporcionada se procede a elaborar el Estado de Resultados, que muestra los ingresos brutos obtenidos por los contenidos metálicos pagables de los concentrados que asciende a 226 millones de dólares.

Luego con las deducciones comerciales y los costos operativos se determina el EBITDA y EBIT al restar la depreciación y la amortización. **Ver cuadro 23.**

Una parte importante de este cuadro es la determinación del metal zinc fino equivalente, por cuanto es necesario para la fórmula del punto de equilibrio. Al tonelaje de metal fino de zinc de 67,652, que es el producto principal, se le suma el equivalente en este metal, que se obtiene de los ingresos de los otros metales (cobre, plomo y plata), lo cual resulta de dividir los ingresos brutos entre el precio del metal zinc refinado. Los ingresos por otros

CUADRO 19

MINA MARGARITA		
ANÁLISIS DE CASH COST Y PUNTO DE EQUILIBRIO	PLAN 2025	\$/TMF
Metal Fino Pagable - TMF	108,375.00	
Producción de concentrados de Zinc (TMS)	250,000.00	
Ley	51%	
Pagable	85%	
Costos en la unidad minera - USD(000)		
Mina	80,959	
Planta	30,650	
Mantenimiento	9,845	
Indirectos administrativos	15,932	
Total costos de la unidad minera	137,386	1,267.69
Transporte y gastos de venta	10,727	
Deducciones (Tc, penalidades, merma)	52,650	
Crédito por ingreso de subproductos	-18,566	
CASH COST C1	182,197	1,681.17
Depreciación & amortización	32,529	
CASH COST C2	214,726	1,981.32
Gastos administrativos corporativos	16,225	
Gastos de exploración regional	8,750	
Otros gastos (Comunidades/Medio ambiente)	4,590	
Regalías mineras	6,209	
CASH COST C3	250,410	2,310.59

CUADRO 20

Clasificación de los costos	USD (000)
Variables:	139,032
Materiales y suministros mina & Concentrador	50,705
Servicios mina & Concentrador	38,858
Energía industrial	4,659
Transporte y gastos de venta	10,727
Cargo por tratamiento (Maquila)	52,650
Crédito por Subproductos	-18,566
Fijo	43,164
Costos de labor	17,388
Mantenimiento	9,845
Indirectos administrativos	15,932
CASH COST C1	182,197
Depreciación & amortización	32,529
CASH COST C2	214,726
Gastos administrativos corporativos	16,225
Gastos de exploración regional	8,750
Otros gastos (Comunidades otros)	4,500
Regalías mineras	6,209
CASH COST C3	250,410

ESQUEMA 2

C1	TMF
Precio unit.	2,300
Costo variable unit	1,283
Margen variable unitario	1,017
Costo fijo	43,165
Punto de equilibrio (TMF) C1	42,438.56
C2	TMF
Precio unit.	2,300
Costo variable unit	1,283
Margen variable unitario	1,017
Costo fijo	75,694
Punto de equilibrio (TMF) C2	74,420.12
C3	TMF
Precio unit.	2,300
Costo variable unit	1,340
Margen variable unitario	960
Costo fijo	105,169
Punto de equilibrio (TMF) C3	109,570.95

CUADRO 21

Cambio del elemento	TMF de PE C1	TMF de PE C2	TMF de PE C3
El precio del metal zinc baja a US\$/TMF 2,000	60,192	105,552	159,388
El precio del metal zinc sube a US\$/TMF 2,500	35,464	62,191	90,676
El contenido metálico del concentrado baja 3 puntos porcentuales y la TMF se reduce a 102,000 TMF (precio base 2,300)	46,069	80,788	120,046
Incremento de 10% en los costos fijos de mina y 5% en los administrativos corporativos (precio base 2,300)	46,682	78,663	115.758

CUADRO 22

I. Ventas por Concentrados - Valor por contenidos metálicos		
Zinc	US\$(000)	189,425
Cobre	US\$(000)	7,796
Plomo	US\$(000)	11,514
Plata	US\$(000)	18,094
II. Costos clasificados por fijos y variables		
Costo Total	US\$(000)	75,448.0
Costo Fijo	40%	
Costo Variable	60%	
III. Depreciación y amortización		US\$(000)
		25,988
IV. Toneladas finas de ZINC - Pagable		
Concentrado Zinc (TMS)	TMS	145,000
Grado (%)	%	54.89%
Contenido Metálico (TMS)	TMS	79,591
Pagable (%)	%	85%
Metal Fino Pagable		67,652
Cotización LME Prom (USD/TM)	USD/TM	2,800
V. Deducciones (Maquilas, escaladores, penalidades etc)		
Costo total	USD(000)	61,224

CUADRO 23

	Real Jun-25
Ingresos por ventas de concentrados	
Zinc	US\$ (000) 189,425
Cobre	US\$ (000) 7,796
Plomo	US\$ (000) 11,514
Plata	US\$ (000) 18,094
Ingresos Brutos	226,829
Deducciones (maquila, penalidades etc)	(61,224)
Ingresos Netos	165,605
Costos Variables	(45,269)
Costos Fijos	(30,179)
Sub total costos	(75,448)
Ganancia antes de Intereses, Impuestos y D&A (EBITDA)	90,157
Depreciación y amortización	(25,988)
Ganancia antes de Intereses e Impuestos (EBIT)	64,169
Volumen de ventas - ZINC equivalente	
Zinc	tmf 67,652
Cobre zinc equivalente	tmf 2,784
Plomo zinc equivalente	tmf 4,112
Plata zinc equivalente	tmf 6,462
Total volumen vendido en zinc equivalente	81,010
Precio unitario promedio US\$/Zinc tmf	2,800.00

metales contribuyen en 13,358 TMF, haciendo un total de 81,010 TMF de zinc metal equivalente.

Partiendo de TMF de zinc equivalente y teniendo la información de los costos clasificados como

variables y fijos, se aplica la fórmula de cálculo del PE, obteniendo como resultado 37,812 TMF. *Ver cuadro 24.*

CUADRO 24

	Real Jun-25
ANÁLISIS DE COSTOS Y PUNTO DE EQUILIBRIO	
Costo variable	US\$/tmf 559
Costo fijo	US\$/tmf 693
Costo unitario total operativo	US\$/tmf 1,252
Deducciones (maquila, penalidades, etc)	US\$/tmf 756
COSTO TOTAL	US\$/tmf 2,008
Margen unitario total (costos operativos)	US\$/tmf 1,548
Margen unitario sobre costos totales	US\$/tmf 792
Margen unitario variable	US\$/tmf 1,485
Punto de equilibrio	tmf ZINC 37,812
Comprobación	
Zinc equivalente	tmf 37,812
Ingresos por ventas - bruto	US\$ (000) 105,873
Costo variable	US\$ (000) 49,706
Margen	US\$ (000) 56,167
Costo fijo (operativo, más D&A)	US\$ (000) 56,167
Ganancia	US\$ (000) -

5. Anexo 1

¿Cómo se calcula el valor de los concentrados de minerales?*

Los minerales se pueden comercializar ya sea en forma de concentrados o refinados. Los minerales refinados son adquiridos directamente por las empresas industriales (acerías, transformadoras, manufactureras, etc.), mientras que los concentrados son comercializados mediante transacciones más complejas, entre las empresas mineras, comercializadores, refinerías y fundiciones para su posterior transformación a metal. Es este segundo tipo de transacción que explicaremos en líneas generales en el presente Informe Quincenal.

¿Qué son los concentrados de mineral?

Se le llama concentrado, en el quehacer minero, al producto rico en metales. Los concentrados se obtienen mediante varios procesos tales como la flotación, la lixiviación, la gravimetría, entre otros¹.

Como sabemos, los concentrados llevan el nombre del mayor metal contenido, pueden ser concentrados de zinc, cobre, plomo y otros. Entonces, puede señalarse que los concentrados contienen metal pero que está acompañado por otros elementos, además de materiales residuales.

Es importante recordar que el contenido de los concentrados siempre es distinto. Esto se puede atribuir al lugar de procedencia (ya que cada yacimiento tiene sus características particulares) y a que el contenido del yacimiento no es homogéneo. Por tal motivo el concentrado tendrá contenidos similares pero no iguales, a pesar de que se trate de mineral del mismo yacimiento. Por lo tanto, cada concentrado tendrá un grado de concentración distinto y un valor diferente dependiendo de sus características.

Los concentrados son un producto que se comercializa a nivel mundial y deben pasar por la fundición y refinación para obtener de ellos metales con un mayor nivel de pureza (de modo que puedan ser utilizados en galvanizadoras, acerías, manufactureras, etc.)

Hallando el valor del concentrado

Al vender un concentrado se toma en cuenta, fundamentalmente, tres variables:

- El peso del concentrado, el cual se mide en toneladas métricas secas (se debe eliminar la humedad que pueda contener).

- El precio, tomando como punto de partida la cotización internacional del metal.
- La calidad; es decir, la presencia de otros elementos en el concentrado, los que serán pagables o penalizables dependiendo del caso.

Entonces, si tenemos 100 toneladas de concentrado de zinc y la cotización internacional del zinc es de US\$ 1,000 por tonelada, el valor del concentrado no resulta de multiplicar $100 \times 1,000$ (peso x precio).

Para hallar su valor deben tomarse en cuenta aspectos adicionales, siendo la cotización internacional sólo un valor de referencia.

Para el cálculo de la valorización² usemos el siguiente ejemplo:

Digamos que queremos vender 100 toneladas métricas húmedas (TMH) de un concentrado de zinc con las características que se indican en el gráfico adjunto.

Veamos cómo se determinan las variables básicas de una valorización de concentrados: peso, precio y calidad. Ver **Esquema 3**.

Ajustando el peso:

Los concentrados tienen un porcentaje de **humedad** producto de los procesos a los que fue sometido. Sin embargo, el comprador tomará en cuenta el peso seco (sin humedad), de allí que debemos medir nuestro producto en Toneladas Métricas Secas (TMS).

En el ejemplo el contenido de humedad es de 10%, es decir, 10 de las 100 toneladas son agua. Por tanto resulta que tengo 90 toneladas métricas secas (TMS) de concentrado de zinc.

Además, en el ejemplo se considera una merma o pérdida del material producto del manipuleo³ de 0.5%. Lo que quiere decir que se pierde en el transporte y demás, 0.45 TMS. Por tanto el volumen final a valorizar es de 89.55 toneladas métricas netas secas. Ver **ejemplo 1**.

Ajustando el contenido fino y pagable

Si bien tengo 89.55 TMNS de concentrado, no se podrá obtener 89.55 TMNS de metal de zinc.

En el ejemplo, el concentrado que ofrecemos tiene un 50% de contenido de zinc, lo que implica que de las 89.55 toneladas, sólo 44.78 son zinc. A estas se les conoce como **contenido metálico** (que se mide en toneladas métricas finas TMF). Ver **ejemplo 2**.

*. Extraído del Boletín Quincenal de la SNMPE publicado en marzo I del 2009

1. Para mayor información ver Informe Quincenal "La transformación de los metales".

2. Los contratos de compra y venta de concentrados incluyen en su cálculo el costo del flete y seguro por el envío de los productos, así como características referidas al plazo de entrega, la referencia específica de la cotización y el periodo, el puerto de destino, imprevistos, etc.

3. La merma es el material que se pierde cuando este se traslada o se manipula. Depende exclusivamente de los términos del contrato.

ESQUEMA 3



EJEMPLO 1

Peso Seco del Concentrado de Zinc

$$\left[\begin{array}{c} 100 \text{ TMH} \\ \text{Peso húmedo del concentrado} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} 10\% \\ \text{Porcentaje de humedad} \end{array} \right] = 10 \text{ TM}$$

$$100 \text{ TMH} - 10 \text{ TM} = 90 \text{ TMS}$$

Peso Neto del Concentrado de Zinc

$$\left[\begin{array}{c} 90 \text{ TMS} \\ \text{Peso Seco Concentrado} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} 0.5\% \\ \text{Merma} \end{array} \right] = 0.45 \text{ TMS}$$

$$90 \text{ TMS} - 0.45 \text{ TMS} = 89.55 \text{ TMNS}$$

A

EJEMPLO 2

Contenido Fino del Concentrado

$$\left[\begin{array}{c} 89.55 \text{ TMNS} \\ \text{Peso neto seco del concentrado (A)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} 50\% \\ \text{Porcentaje de Zinc en el concentrado} \end{array} \right] = 44.78 \text{ TMF}$$

B

Contenido Pagable de Zinc

$$\left[\begin{array}{c} 44.78 \text{ TMF} \\ \text{Peso del contenido metálico (B)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} 85\% \\ \text{Factor de Recuperación} \end{array} \right] = 38.06 \text{ TMF}$$

C

Pero además, mi comprador al someter el concentrado a la fundición o refinación obtendrá un contenido menor, producto de pérdidas propias de dicho proceso. Para el ejemplo digamos que recupera el 85% del contenido metálico.

Por tanto, el **contenido pagable** es de 38.06 TMF de zinc⁴.

A todo este cálculo se le conoce como la formula pagable, y determina el volumen final al que debe aplicarse la cotización.

Ajustando el precio:

En el caso de los metales, al ser éstos *commodities*⁵, sus cotizaciones se determinan en las bolsas de metales (LME⁶) en función a la oferta y demanda. Estas cotizaciones son utilizadas como valores de referencia para todas las transacciones entre los compradores y vendedores en el mundo.

Cabe indicar que las cotizaciones internacionales de los metales están determinadas para productos que tienen altos niveles de pureza, por ejemplo 99.99% de zinc.

En nuestro ejemplo el contenido metálico (50%) y la formula pagable (85%) hacen que de las 100 TMH del concentrado, la cotización internacional resulte aplicable a sólo 38.06 TMF (que es el contenido que registra 99.99% de pureza), por lo que el valor del contenido de zinc en nuestro concentrado es de US\$ 38,060. **Ver ejemplo 3.**

Sin embargo, la valorización de un concentrado no termina aquí. Existen otras variables que se deben

considerar para llegar a determinar el valor final de los concentrados:

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 nuestro ejemplo, el costo de maquila por tonelada es de US\$ 140. Este costo se aplica a la totalidad del concentrado (89.55 TMNS) que pasará por los procesos de fundición y refinación. **Ver ejemplo 4.**

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.

Para nuestro ejemplo, digamos que se acuerda en el contrato que por cada US\$ 1 que la cotización suba (respecto de la cotización base previamente pactada en el contrato que digamos se acordó fuera de US\$ 900 por tonelada) el costo de la maquila se incrementará en US\$ 0.10. Entonces, como la cotización final es US\$ 1,000, el resultado de ajuste por el escalador en el costo de maquila es de US\$ 10 por tonelada de concentrado. **Ver ejemplo 5.**

EJEMPLO 3

Valor del contenido de Zinc

$$\begin{array}{rcl} \text{38.06 TMF} & \times & \text{US\$ 1,000} = \text{US\$ 38,060} \\ \left[\text{Contenido pagable de Zinc (C)} \right] \times \left[\text{Cotización Internacional (US\$/TM)} \right] \end{array}$$

D

EJEMPLO 4

Costo de Maquila

$$\begin{array}{rcl} \text{US\$ 140} & \times & \text{X89.55 TMNS} = \text{US\$ 12,537} \\ \left[\text{Costo de maquila por tonelada} \right] \times \left[\text{Peso neto seco del concentrado (A)} \right] \end{array}$$

E

4. Normalmente en los contratos se indica claramente una pérdida mínima por este proceso.

5. Para mayor información ver el Informe Quincenal "Los Commodities"

6. Para mayor información ver el Informe Quincenal "El London Metal"

EJEMPLO 5**Ajuste de maquila por escaladores**

Base:	US\$ 900			
Escalador:	+ US\$ 0.1 por cada US\$ 1 por encima de US\$ 900			
US\$ 1,000	-	US\$ 900	=	US\$ 100
Cotización del Zinc 100 10	X X	Base acordada en el contrato US\$ 0.1 89.55 TMNS	= =	US\$/TMNS 10 US\$ 896

F**Otros pagos y deducciones:**

Si bien, en términos generales, las refinerías prefieren procesar concentrados limpios, puede que algunas de ellas posean tecnologías que les permitan remover impurezas por lo que buscarán incrementar su rentabilidad aplicando penalidades en sus contratos de compra.

- Penalidades: si el concentrado contiene elementos que ocasionan dificultades en el proceso de fundición o refinación, estos serán penalizados.
- Otros metales pagables: es el mismo concepto de las penalidades pero en sentido positivo. Se puede tener presencia de determinados metales que añaden valor al producto porque son un elemento valioso y que pueden ser recuperados en el proceso de fundición y refinación.

Cabe indicar que tanto las condiciones de penalización y pago de otros metales pueden variar dependiendo del tipo de concentrado y de la refinería o fundición que vaya a realizar el proceso. En ambos casos se establece un contenido mínimo a partir del cual se considera el cálculo de la penalidad/pago (si existiera un contenido menor éste no sería penalizado/pagado).

Siguiendo con nuestro ejemplo, tenemos los siguientes datos acerca de nuestro concentrado:

El concentrado tiene presencia de arsénico, el cual es un elemento que se penaliza. Se ha establecido en el contrato que se castigará el contenido de arsénico que esté por encima de 0.2% por tonelada (consistiendo la penalidad en US\$ 1.5 por cada 0.1%

de exceso). Como el concentrado tiene 0.5% de arsénico por tonelada, deberá pagar por los 0.3% de exceso, entonces se penalizará con US\$ 4.5 por cada tonelada de concentrado. **Ver ejemplo 6.**

De igual manera debemos observar el contenido de plata que muestra nuestro concentrado de zinc, el cual es un elemento que se reconoce como valioso por lo que se le considera como un contenido pagable.

Normalmente en los contratos se reconoce un porcentaje del contenido metálico (digamos que se

	Conc. de Cobre	Conc. de Zinc	Conc. de Plomo
Metales pagables			
Plata	X	X	X
Oro	X	X	X
Cobre	X		
Zinc		X	
Plomo			X
Elementos penalizables			
Antimonio	X	X	X
Arsénica	X	X	X
Mercurio	X	X	X
Manganoso		X	
Bismuto	X		X
Plomo	X		
Cloro	X		
Cadmio			X
Fluor	X		
Fierro		X	
Sílice		X	
Zinc	X		X

G**EJEMPLO 6****Penalidad**

Contenido de arsénico penalizable: 0.5% - 0.2% = 0.3%
Por cada 0.1% por encima de 0.2%: 0.3%/0.1% = 3

US\$ 1.5	X	3	X	89.55 TMNS	=	US\$ 403
Penalidad por cada 0.1% encima de la tolerancia	X	Peso neto seco del concentrado (A)				

pagará el 90% del contenido de plata que supere las 5 onzas por tonelada) El concentrado de nuestro ejemplo tiene 9 onzas de plata por tonelada, por lo que sólo se reconocerá el 90% de las 4 onzas por tonelada de exceso y se valoriza a la cotización internacional pactada con una reducción (en el contrato se establece que para este metal se pagará la cotización internacional menos dos dólares).

Ver ejemplo 7.

Finalmente obtenemos el valor de venta de las 100 toneladas métricas húmedas de concentrado de zinc de nuestro ejemplo, que alcanza los US\$ 27,770.

Ver ejemplo 8.

Como vemos, de acuerdo a las condiciones establecidas en el contrato recibiremos por la venta US\$ 27,770 que resulta totalmente distinto a asumir la sola multiplicación del peso por la cotización internacional ($100 \text{ TMH} \times \text{US\$ 1,000} = \text{US\$ 100,000}$) como mencionamos en un inicio.

Apuntes Importantes

En el Perú operan dos fundiciones (Ilo y La Oroya) y cuatro refinerías (Ilo, Cajamarquilla, Funsur y La Oroya) que pueden procesar plomo, cobre, zinc y estaño; por lo tanto nuestro país produce tanto refinados como concentrados.

EJEMPLO 7

Otro metal payable (Plata)

Contenido de plata payable:
Cotización ajustada:

$$9 \text{ Oz} - 5 \text{ Oz} = 4 \text{ Oz}$$

$$\text{US\$ 13} - \text{US\$ 2} = \text{US\$ 11}$$

4 Onzas

X

90%

X

11 US\$

X 89.55 TMNS = US\\$ 3,546

Onzas pagables por encima de la base establecida

X Porcentaje que se reconoce como recuperable

X Cotización ajustada según contrato

X Peso neto seco del concentrado (A)

H

EJEMPLO 8

Valor del Concentrado

$$\text{US\$ 38,060} - \text{US\$ 12,537} - \text{US\$ 896} - \text{US\$ 403} + \text{US\$ 3,546} = \text{US\$ 27,770}$$

Valor del Contenido de Zinc (D)

- Costo de Maquila (E)

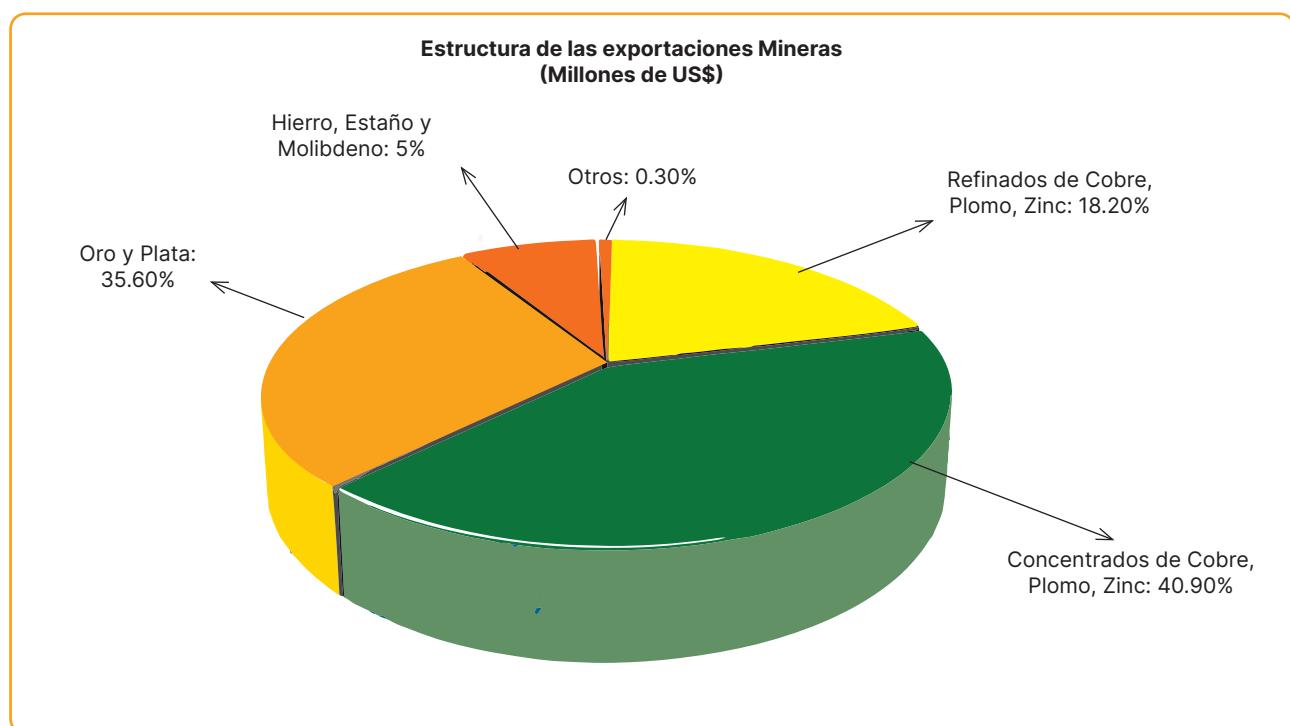
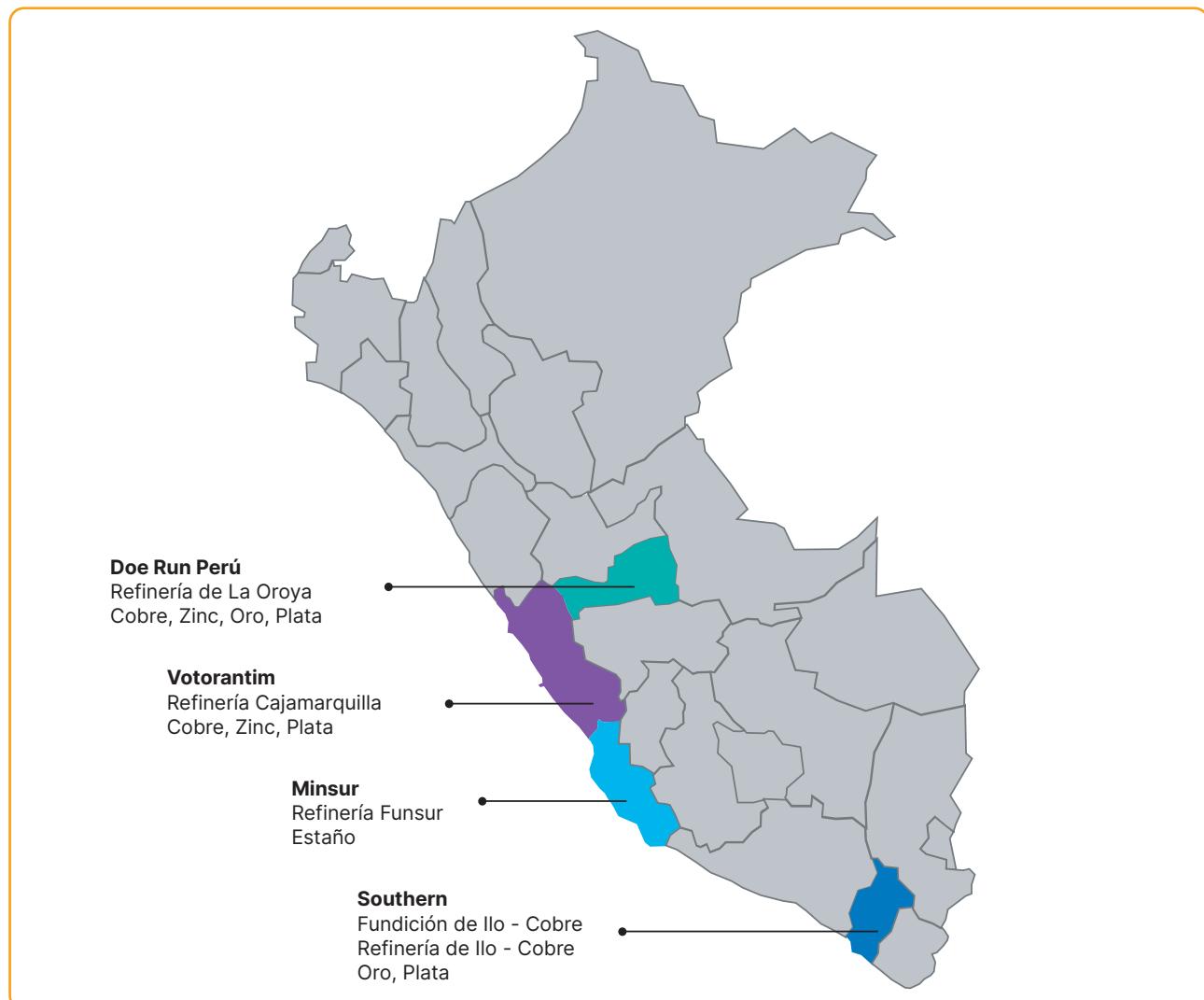
- Escalador (F)

- Penalidad (G)

+ Otro metal payable (H)

⁷ Metal maleable, blando y fácilmente fundible, similar al aluminio y al galio. Generalmente se encuentra asociado a los minerales de zinc.

MAPA



PATROCINADORES



Deloitte.



AUSPICIADOR



COLABORADOR

